COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 JANVIER 1874.

PRÉSIDENCE DE M. BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THERMOCHIMIE. — *Diverses réactions des composés oxygénés de l'azote;* par M. BERTHELOT.

« J'ai établi la chaleur de formation des oxydes de l'azote; je vais montrer l'application de ces données à plusieurs réactions intéressantes, telles que les transformations et décompositions réciproques des oxydes de l'azote, l'action des métaux sur l'acide azotique, sa transformation en ammoniaque, les cinq modes de décomposition de l'azotate d'ammoniaque, types des décompositions multiples que peut subir une seule et même matière explosive, la formation thermique des azotates solides et celle de l'acide azotique hydraté depuis les éléments, etc.

I. — TRANSFORMATIONS RÉCIPROQUES DES OXYDES DE L'AZOTE.

1° *Protoxyde*...	$AzO = Az + O$....	$+9$	(chaleur ou étincelle électrique),
	$2AzO = Az + AzO^2$.	$-25,4$	(réaction fictive),
	$4AzO = 3Az + AzO^4$.	$+11,7$	(étincelle);
2° *Bioxyde*.....	$AzO^2 = Az + O^2$...	$+43,4$;	puis $+ AzO^2 = AzO^4$, c'est-à-dire
	$2AzO^2 = Az + AzO^4$.	$+62,5$	(chaleur ou étincelle);
	$AzO^2 = AzO + O$..	$+34,4$;	puis $+ AzO^2 = AzO^3$, c'est-à-dire
	$2AzO^2 = AzO + AzO^3$	$+45,5$	(chaleur ou étincelle),

Le dernier partage effectué lentement en présence d'une solution alcaline... $+62,5$;

3° *Acide azoteux* $\left\{ \begin{array}{l} AzO^3 = AzO^2 + O \ldots \quad -11,0; \text{ puis } + AzO^3 = AzO^4, \text{ c'est-à-dire} \\ 2AzO^3 = AzO^2 + AzO^4 \quad - \quad 2,9. \end{array} \right.$

Les trois corps inscrits dans la dernière équation constituent un système à l'état de dissociation, dont l'équilibre change avec les proportions relatives, la température, la condensation, etc. J'ai insisté sur ces phénomènes.

» *En présence de l'eau*, l'acide azoteux anhydre devient en tout ou en partie de l'acide azoteux hydraté et manifeste aussi quelque tendance à se décomposer en acide azotique et en bioxyde d'azote; la réaction

$$3AzO^3 \text{ gaz} + \text{eau} = AzO^5HO \text{ étendu} + 2AzO^2 \text{ dégagé} \ldots \quad +2,7;$$

mais cette dernière réaction n'a lieu d'une manière notable, ou même sensible, que si l'eau n'est pas en proportion suffisante. Elle me paraît due à la nécessité d'une grande quantité d'eau pour permettre à l'acide azoteux hydraté de subsister. Si l'eau fait défaut, il se sépare en partie en bioxyde d'azote et oxygène, qui transforme à mesure une autre portion en acide azotique; c'est ce qu'on peut observer en traitant par l'acide sulfurique étendu des solutions diversement concentrées d'azotite de baryte. La réaction attribuée ici à l'oxygène naissant n'est autre que celle de l'oxygène libre sur l'acide azoteux dissous.

» D'après ces faits, faciles à vérifier, d'après la réaction connue de l'eau sur l'acide azoteux anhydre, enfin d'après mes expériences sur le partage de la baryte entre les acides chlorhydrique, acétique et azoteux étendus, je pense que l'on observe, en présence d'une quantité d'eau insuffisante, une double dissociation : celle de l'acide azoteux hydraté, qui se change en partie en eau et acide anhydre, et celle de l'acide azoteux anhydre, qui se change en partie en oxygène et bioxyde d'azote; les effets se compliquent de l'action ultérieure de l'oxygène, qui disparaît en transformant une autre portion de l'acide azoteux en acide azotique. Dans ces conditions, le bioxyde d'azote étant éliminé à mesure, il semble que sa formation devrait se reproduire indéfiniment; mais la dilution progressive de la portion d'acide azoteux hydraté non décomposée, dilution qui résulte de la réaction même, restreint de plus en plus la proportion relative de l'acide anhydre, et cela jusqu'au terme où la petite quantité de bioxyde d'azote qui reste dissoute suffit pour assurer la stabilité du système. Peut-être aussi la dilution, amenée à un certain degré, arrête-t-elle complétement la décomposition de l'acide azoteux hydraté, en ne permettant plus

à aucune portion d'acide anhydre de subsister. Quoi qu'il en soit de ce dernier point, on réalise un système final qui renferme à la fois de l'eau, de l'acide azotique étendu et de l'acide azoteux hydraté et étendu. En diminuant la proportion relative de l'eau, on détruirait l'équilibre; on le détruit aussi en élevant la température, ce qui donne lieu à un dégagement de bioxyde d'azote. En sens inverse, on peut compenser la diminution de l'eau par l'abaissement de la température.

» 4° *Acide hypoazotique.* — $AzO^4 = Az + O^4$ dégage... + 24,3 (étincelle)

$AzO^4 = AzO^3 + O$: — 8,1; puis $AzO^4 + O = AzO^5$ gaz, c'est-à-dire
$2\,AzO^4 = AzO^3 + AzO^5$. . . . . — 6,4

» Mais ces réactions entre les gaz anhydres sont fictives. On remarquera que les réactions parallèles du bioxyde d'azote sont réelles et qu'elles dégagent de la chaleur; celles de l'acide azoteux sont aussi réelles, absorbent une petite quantité de chaleur et aboutissent à un système dissocié; celles enfin de l'acide hypoazotique, qui répondent à une absorption de chaleur plus considérable, ne peuvent plus être réalisées.

» On aurait pu d'ailleurs prévoir cette différence; en effet, parmi les actions partielles, dont la somme représente la réaction totale, l'une des deux, la combinaison avec l'oxygène, est toujours réelle et exothermique pour le bioxyde d'azote comme pour l'acide azoteux, tandis que pour l'acide hypoazotique les deux actions partielles sont toutes deux fictives, l'acide hypoazotique ne s'unissant pas réellement avec l'oxygène sec pour former l'acide azotique anhydre. Au contraire, ce dernier corps manifeste dès la température ordinaire une certaine tendance, qui ne semble pas réversible, à se décomposer spontanément

AzO^5 gaz $= AzO^4 + O$ absorbe. . . . . — 1,7 (*)

» *L'action de l'eau sur l'acide hypoazotique* mérite de nous arrêter.

» Si l'eau est en petite quantité et l'acide hypoazotique liquide, on obtient, comme on sait, à basse température, de l'acide azoteux anhydre : $2AzO^4 + HO = AzO^3 + AzO^5HO$. En présence d'une grande quantité d'eau, le gaz hypoazotique, agissant peu à peu, s'absorbe complétement, avec formation d'acides azotique et azoteux hydratés

$$2AzO^4 + nHO = AzO^5HO \text{ étendu } + AzO^3HO \text{ étendu},$$

réaction qui dégage $+ 7^{c},8$ pour $AzO^4 = 46^{gr}$. Mais l'acide hypoazotique

(*) Si AzO^5 était *liquide*, ainsi que AzO^4, la réaction donnerait lieu à un phénomène thermique sensiblement nul. J'ai cru utile de noter cette circonstance.

liquide, en présence de la même quantité d'eau, donne en général naissance à du bioxyde d'azote, variable avec les conditions du contact

$$3AzO^4 + nHO = 2(AzO^5HO) \text{ étendu} + AzO^2.$$

» Cette réaction, qui peut être restreinte presque jusqu'à devenir nulle en opérant le contact peu à peu, dégage + 4,4 pour AzO^4. Son existence, connue depuis longtemps, a été contestée à tort par M. Thomsen, qui a confondu parfois le sens de ses symboles particuliers, dans lesquels l'état initial des corps est seul exprimé, avec celui des réactions véritables.

» Voici une expérience, facile à répéter dans un cours public, qui met en évidence les deux modes de décomposition de l'acide hypoazotique sous l'influence de l'eau. Dans un tube un peu large, fermé par un bout et étranglé de l'autre en entonnoir, on verse un peu d'acide hypoazotique liquide, puis on le fait bouillir, de façon à chasser l'air et à ne laisser qu'un excès de liquide nul ou insignifiant : on ferme alors à la lampe. D'autre part, on verse dans un tube semblable, mais beaucoup plus étroit, de l'acide hypoazotique liquide ; on chasse de même l'air par ébullition et l'on ferme, en laissant un peu de liquide. Après refroidissement, le tube large ouvert sur l'eau se remplit complétement, par suite de la transformation totale de l'acide hypoazotique en acides azotique et azoteux. Au contraire, le tube étroit ne se remplit qu'en partie, formant du bioxyde d'azote, facile à manifester par la rentrée de quelques bulles d'air.

» La différence entre ces deux réactions me paraît due à la faible stabilité de l'acide azoteux hydraté, telle que je l'ai définie plus haut. Si l'acide hypoazotique rencontre tout d'abord assez d'eau pour que l'acide azoteux hydraté se forme sans décomposition, l'absorption est totale : c'est ce qui arrive avec l'acide hypoazotique gazeux et l'eau, réagissant peu à peu sur une large surface ; mais, si l'acide hypoazotique vient en contact sur un point avec une trop faible quantité d'eau à la fois, comme il arrive pour l'acide liquide et l'eau réagissant dans un tube étroit, l'acide azoteux se décomposera en partie, avec formation de bioxyde d'azote, que le surplus de la liqueur ne redissoudra point ; enfin le contact des mêmes quantités de matières liquides, opéré peu à peu, ne donnera pas ou presque pas naissance au bioxyde d'azote.

II. — Action des métaux et autres corps oxydables sur l'acide azotique.

» Elle donne lieu, suivant les conditions, aux quatre oxydes inférieurs de l'azote, à l'azote lui-même, à l'ammoniaque, etc. Voici le calcul de la

chaleur développée : Q étant la chaleur produite par l'union de 1 équivalent d'oxygène ($O = 8^{gr}$) libre avec le corps oxydable, celui-ci étant changé soit en oxyde, soit en sel soluble,

AzO^5, HO étendu	Cal	
$= AzO^4$ gaz $+ HO + O$ combiné, dégagent.....	$-16,6 + Q$	pour O : $-16,6 + Q$
$= AzO^3$ gaz $+ HO + 2O$ combinés, dégagent...	$-24,7 + 2Q$	» $-12,3 + Q$
$= AzO^3$ dissous $+ HO + 2O$ combinés, dégagent.	$-18,2 + 2Q$	» »
$= AzO^2 + HO + 3O$ combinés, dégagent......	$-35,7 + 3Q$	» $-11,9 + Q$
$= AzO + HO + 4O$ combinés, dégagent......	$-1,3 + 4Q$	» $-0,3 + Q$
$= Az + HO + 5O$ combinés, dégagent.....	$+7,7 + 5Q$	» $+1,5 + Q$

» Ces valeurs peuvent être employées dans bien des réactions. La dernière colonne montre que la chaleur dégagée par la formation des composés azoteux gazeux croît sans cesse, à mesure que la réduction devient plus complète, jusqu'à surpasser celle que produirait l'oxygène libre.

» Si l'acide azotique était monohydraté, AzO^5HO, il faudrait ajouter (à 10 degrés) $+ 7^{Cal},2$ aux valeurs précédentes, et tenir compte en sens inverse de l'action propre du dissolvant final, qui ne serait plus assimilable à l'eau dans cette circonstance. Avec l'acide ordinaire, $AzO^6H + 3HO$, il faut ajouter $+ 2^{Cal},8$ (à 10 degrés), et tenir compte du dissolvant final, dont l'action propre, tant sur le sel (s'il se forme un sel soluble) que sur l'excès d'acide non décomposé, complique ordinairement les résultats thermiques.

» Donnons encore les chiffres relatifs à l'acide azoteux :

AzO^3 étendu $= AzO^2 + O$ combiné, dégage : $-17,5 + Q$
» $= Az + 3O$ combinés, » $-25,9 + 3Q$; pour O : $-8,6 + Q$

» On sait que l'acide azoteux oxyde les corps plus aisément que l'acide azotique. Cette différence s'explique par l'état de dissociation propre à l'acide azoteux, tel qu'il a été défini plus haut.

» Pour appliquer ces nombres, il convient de s'assurer si les produits des réactions sont réellement uniques, par exemple, si le bioxyde d'azote dégagé dans la réaction de l'acide azotique étendu est absolument exempt de protoxyde ou d'azote libre. La moindre proportion de ces derniers modifie extrêmement la chaleur dégagée. Ainsi s'explique l'écart entre les nombres actuels, d'après lesquels le changement de l'acide azotique en bioxyde d'azote absorbe $-35,7$ et la valeur $-20,7$ obtenue dans les expériences de M. Favre, et qui a fait foi jusqu'à ces derniers temps. Le calcul montre, en effet, qu'on rend compte de la divergence en supposant que le bioxyde d'azote (dégagé par la réaction du cuivre sur l'acide azotique

étendu, et dont la mesure était la base du calcul) renfermait 9 centièmes de protoxyde en volume, ou 6 centièmes d'azote libre, ou un mélange intermédiaire. Or ces proportions n'ont rien d'anormal dans la réaction du cuivre sur l'acide azotique, comme je m'en suis assuré; même à froid et avec un acide très-étendu, ajouté peu à peu, on peut les observer.

III. — Formation de l'ammoniaque par l'acide azotique.

» La formation de l'ammoniaque aux dépens de l'acide azotique est une réaction secondaire; car elle semble ne se produire que sous l'influence de l'hydrogène libre (mousse de platine), ou d'un métal capable de dégager l'hydrogène de l'eau en se dissolvant dans les acides plus ou moins étendus : ce qui exige la relation subsidiaire $Q > 34,5$, d'après les lois connues des forces électromotrices. Pour bien concevoir les conditions de cette formation, il est utile de distinguer le rôle général des acides étendus, dont l'eau tend à être décomposée par les métaux, avec dégagement d'hydrogène, du rôle spécial en vertu duquel l'acide azotique produit l'ammoniaque. Supposons donc l'acide sulfurique ou chlorhydrique étendu en présence d'un métal capable d'en dégager l'hydrogène, et faisons intervenir une petite quantité d'acide azotique, nous provoquerons la réaction :

AzO^5HO dilué $+ 8\,H$ libre $= AzH^3$ étendue $+ 8\,HO$, ce qui dégage : $+ 215^{Cal}$ (*);

» Soit $+ 43^{Cal}$ pour chaque O éliminé; l'ammoniaque se combinant avec l'excès d'acide sulfurique, ce dernier chiffre s'élève, pour O, à $+ 45,9$.

De même AzO^3 dilué $+ 6\,H$ libre $= AzH^3$ étendue $+ 3\,HO$ dégage : $+ 164,5$

soit $+ 55^{Cal}$ pour O éliminé; ou $+ 59,5$ si l'ammoniaque s'unit à l'acide.

IV. — Décompositions multiples de l'azotate d'ammoniaque.

» On sait que les corps explosibles donnent lieu à des effets thermiques et mécaniques extrêmement divers et qui dépendent du procédé d'échauffement, de choc ou d'inflammation. Le coton-poudre comprimé et la dy-

---

(*) Voir sur ce point les expériences de M. H. Sainte-Claire Deville, en 1870 (*Comptes rendus*, p. 20 et 550, t. LXX). Je prendrai la liberté de rappeler que j'ai développé le mécanisme général des réactions simultanées au point de vue thermique, et l'explication précise qu'il fournit des phénomènes attribués à l'*état naissant*, dans plusieurs Mémoires publiés aux *Annales de Chimie*, 4e série, t. XVIII, p. 61, 66, 69 (1869), et déjà dans les mêmes termes, en 1864. (Voir mes *Leçons sur les méthodes générales de synthèse*, professées au Collége de France, et publiées la même année chez Gauthier-Villars, p. 403.)

namite fournissent des exemples bien connus de cette diversité dans les modes d'explosion. J'ai cherché à expliquer ces effets (*) par la multiplicité des décompositions dont un même composé défini est susceptible, décompositions qui se développent chacune à partir d'une température déterminée et avec une vitesse inégale et caractéristique. J'ai cité à l'appui de ces idées l'azotate d'ammoniaque, lequel éprouve, sous l'influence de la chaleur et suivant le procédé d'échauffement, cinq modes généraux de décomposition. Je vais donner le calcul exact de la chaleur dégagée dans ces cinq décompositions définies :

	AzO^6H, AzH^3	solide	$= Az^2O^2 + 2H^2O^2$ liquide.....	$+ 57,3$	
(1)	»	fondu	$= Az^2O^2 + 2H^2O^2$ gaz.........	$+ 46$	env.
(2)	»	»	$= Az^2 + O^2 + 2H^2O^2$ gaz.....	$+ 64$	
(3)	»	»	$= Az + AzO^2 + 2H^2O^2$ gaz....	$+ 21$	
(4)	»	»	$= 1\frac{1}{2} Az + \frac{1}{2} AzO^4 + 2H^2O^2$ gaz	$+ 52$	
(5)	»	»	$= AzO^6H$ gaz $+ AzH^3$ gaz.....	$- 30$	env.

» Quatre de ces réactions sont exothermiques et répondent à un phénomène explosif, tel que la combustion spontanée et avec flamme de l'azotate d'ammoniaque (*nitrum flammans*), projeté dans un tube de verre chauffé au rouge sombre. Mais la chaleur dégagée est très-différente, pouvant varier de 21 à 64, c'est-à-dire du simple au triple, même sans faire intervenir la cinquième décomposition endothermique, qui a toujours lieu en partie dans un échauffement lent. Les effets mécaniques produits par l'explosion seront donc extrêmement différents, suivant la réaction effectuée. Ajoutons enfin que la réaction véritable, lorsqu'elle a lieu brusquement, est presque toujours la somme d'un certain nombre des réactions précédentes, combinées en proportions inégales et effectuées sur des fragments différents de matière. L'azotate d'ammoniaque peut donc se décomposer, en réalité, suivant une infinité de manières distinctes. J'insiste sur ces phénomènes, parce qu'ils sont, je le répète, les types des décompositions multiples des matières explosives.

V. Formation thermique des azotates.

» 1. J'ai donné, à la page 168 de ces *Comptes rendus*, l'indication de la chaleur dégagée dans la formation de divers azotates anhydres depuis leurs éléments; je crois devoir entrer dans quelques détails nouveaux, à cause de l'importance du sujet. Je vais comparer la formation des sels d'une même

(*) *Sur la force de la poudre*, p. 165-169, 2e édition, 1872, chez Gauthier-Villars.

base, à partir de l'*acide* et de la *base anhydres* et *solides*.

SO^3 solide + BaO solide = SO^4 Ba dégage......		+51,0
AzO^5 solide + BaO solide = AzO^6Ba sec dégage..		+40,7
CO^2 solide(*) + BaO solide = CO^3 Ba sec, environ.		+25,0

» On voit que la chaleur dégagée diminue avec la force relative des trois acides, telle qu'on aurait pu la supposer d'après les analogies ordinaires.

» 2. Même remarque si l'on compare les *acides* dans l'état *gazeux* :

AzO^5 gaz + BaO solide = AzO^6Ba solide..........	+55,6
AzO^3 gaz + BaO solide = AzO^4Ba solide	+33,8
$C^4H^3O^3$ gaz + BaO solide = $C^4H^3BaO^4$ solide, environ.	+35
CO^2 gaz + BaO solide = CO^3Ba solide............	+28

VI. — Formation des sels ammoniacaux solides depuis les éléments.

$Az^2 + H^4 + O^6$ = AzO^6H,AzH^3 dégage....	+80,7	
$Az^2 + H^4 + O^4$ = AzO^4H,AzH^3 dégage....	+57,6	
$Az + H^4 + Cl$ = AzH^4Cl (Thomsen)......	+90,6	
$Az + H^4 + I$ gaz = AzH^4I solide...........	+69,0	I solide : +64
$Az + H^5 + S^2$ gaz = AzH^3,H^2S^2 solide, dégage.	+56,5	S^2 solide : +53,0
$Az^2 + H^4 + C^2$ gaz = AzH^3,C^2HAz solide (**).	?+74,5	C^2 (diamant) : +32,5

» On voit par là que la formation de l'azotate et de l'azotite d'ammoniaque, depuis les éléments, n'offre rien d'exceptionnel : leurs propriétés explosives ne sont donc pas dues surtout à l'arrangement *antérieur* de leurs éléments, comme pour le chlorure d'azote, mais à la possibilité d'une *combustion interne*, réaction ultérieure qui dégage beaucoup de chaleur.

VII. — Formation de l'acide azotique hydraté depuis les éléments.

» Ces notions deviennent encore plus claires si l'on compare la *formation de l'acide azotique monohydraté*, AzO^6H, depuis les éléments, à celle d'un hydracide, tel que l'acide bromhydrique, HBr. En effet, l'association de l'hydrogène avec le brome gazeux : H + Br gaz = HBr gaz, dégage $+12^C$ environ ; tandis que l'association de l'hydrogène avec l'azote et l'oxygène gazeux, pour former l'acide azotique liquide, $(Az + O^6) + H = (AzO^6)H$ liquide, dégage +19,6, quantité que la vaporisation de l'acide ramènerait

(*) D'après la chaleur de vaporisation de ce corps : + 3,05 donnée par M. Favre.

(**) C^2 solide + H + Az = C^2HAz gaz absorbé —14,0 d'après mes nouvelles expériences sur l'acide formique. Quant à la vaporisation du carbone, voir *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XVIII, p. 176 et 162.

probablement vers $+13^c$, c'est-à-dire vers un chiffre très-voisin du gaz bromhydrique.

» La formation de l'acide azotique, comparée à celle d'un hydracide, n'offre donc rien d'anormal : aussi a-t-elle lieu à la rigueur, par l'union directe et simultanée de ses trois éléments libres, presque aussi facilement que la formation du gaz bromhydrique. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Production de la levûre dans un milieu minéral sucré;* par M. L. Pasteur.

« J'ai annoncé autrefois et établi par des preuves que je considérais comme décisives que, non-seulement il ne se forme pas d'ammoniaque pendant la fermentation alcoolique comme on le croyait avant moi, mais que l'ammoniaque ajoutée à des moûts en fermentation disparaît pour contribuer à la formation des cellules du ferment, matière riche en principes azotés (1).

» J'ai prouvé, en outre, que la levûre alcoolique peut se multiplier dans un milieu composé de sucre pur, en solution aqueuse, d'un sel d'ammoniaque et des cendres de levûre ou des phosphates alcalins et terreux, entre autres ceux de potasse et de magnésie. Il est assurément peu d'expériences plus propres à nous éclairer sur la nature de la levûre et sur celle de la fermentation alcoolique. On y trouve également la première preuve que les matières albuminoïdes de certains êtres vivants peuvent se constituer par le sucre et l'ammoniaque, par les phosphates et les sulfates minéraux, à l'abri de la lumière et de la matière verte.

» Cette expérience était en contradiction formelle avec la théorie de la fermentation proposée par Liebig; aussi le célèbre chimiste allemand refusa de croire que les résultats précédents fussent vrais; du moins, profitant des difficultés que j'avais éprouvées à bien réussir l'expérience dont je parle, il essaya de trouver dans ces difficultés mêmes une fin de non recevoir de son exactitude. Lorsque j'en publiai tous les détails en 1860, j'indiquai avec soin les causes possibles d'insuccès, et je fis voir, en particulier, que les milieux minéraux sucrés sont beaucoup plus aptes à nourrir

(1) L'azote ne se dégage pas à l'état gazeux pendant la fermentation. Le gaz acide carbonique de la fermentation est complétement absorbé par la potasse. Le résidu de $\frac{1}{10000}$ environ d'azote qu'on obtient à la suite de cette absorption doit être attribué à l'azote de l'air des solutions de potasse même les plus concentrées.

les bactéries et la levûre lactique et d'autres productions inférieures que la levûre de bière elle-même; par exemple, ces milieux se remplissent facilement de divers organismes quand on les expose au contact de l'air, tandis qu'on n'y voit pas naître les levûres alcooliques, surtout au début des expériences (1). Or, dans l'obligation où j'étais alors d'opérer sur des matières plus ou moins souillées par les poussières de l'air atmosphérique et de me servir, pour semence, de levûre ordinaire qui est toujours plus ou moins impure, je n'avais jamais obtenu, à l'aide des milieux minéraux, une fermentation simple et active. Les fermentations lactique, visqueuse et autres qui apparaissent spontanément nuisaient promptement au développement de la levûre par l'acidité qu'elles apportaient dans la liqueur. Cela n'ôtait rien à la rigueur de la conclusion que j'avais déduite de mes expériences. On peut même dire que le point de vue général et philosophique, seul intéressé ici, était doublement satisfait, puisque je démontrais que les milieux minéraux étaient propres au développement simultané de plusieurs ferments organisés, au lieu d'un seul. L'association fortuite de diverses levûres ne pouvait infirmer cette conclusion que tout l'azote des cellules des levûres alcoolique et lactique provenait de l'azote des sels ammoniacaux, et que tout le carbone de ces ferments avait été emprunté au sucre, puisque le sucre était la seule substance qui, dans le milieu soumis aux expériences, contient du carbone. Liebig se garda bien de faire cette remarque, qui aurait détruit tout l'échafaudage de ses critiques, et il crut se donner les apparences d'un contradicteur sérieux en arguant que je n'avais pas eu une fermentation alcoolique simple. M. Fremy agit, à peu de chose près, de la même manière, lorsqu'il me demanda un jour, devant l'Académie, de transformer un verre d'eau sucrée en verre d'eau-de-vie par une fermentation alcoolique spontanée.

» Liebig a consacré une bonne partie du Mémoire qu'il a publié en 1870 à la critique de mes propositions sur la formation de la levûre par les substances minérales et le sucre. Après avoir fait diverses hypothèses sur la formation des substances albuminoïdes dans les plantes, formation qu'il considère comme une des plus grandes énigmes de la nature organique; il discute mes résultats et conclut en ces termes :

---

(1) Les levûres alcooliques peuvent s'y former lorsque ces milieux ont déjà donné naissance à d'autres productions organisées qui ont modifié la composition de ces milieux par l'apport de leurs matières albuminoïdes propres à la vie de la levûre. (Voir sur ce dernier point mon Mémoire de 1860, *Sur la fermentation alcoolique*, p. 64 et suiv.)

« J'ai répété un grand nombre de fois, avec le plus grand soin, l'expérience de M. Pasteur, et j'ai obtenu les mêmes résultats, sauf la formation et l'augmentation de la levûre. »

» Il rapporte, en effet, une de ses expériences, et c'est la seule qu'il cite, dans laquelle il a recueilli si peu d'alcool, qu'il a dû recourir non à l'alcoomètre pour le mettre en évidence, cet instrument n'aurait donné aucune indication, mais à des réactions très-délicates. C'était nier d'une manière absolue la vérité de mon expérience, car, à la rigueur, la quantité de levûre que j'emploie comme semence, quoiqu'infiniment petite, suffirait à expliquer la formation d'une aussi faible proportion d'alcool. L'assertion de Liebig touchant les quantités infiniment petites d'alcool par lui obtenues pouvait donc se traduire ainsi : *la levûre de bière semée dans un milieu minéral sucré ne se développe pas du tout*, et telle fut sa conclusion, comme on vient de le voir.

» L'Académie se rappellera peut-être la réponse que j'ai faite à M. Liebig en 1871. Je lui offris la nomination d'une Commission prise dans le sein de l'Académie des Sciences, devant laquelle je répéterais mon expérience. Si M. Liebig eût accepté, non-seulement j'aurais établi l'insuffisance de ses observations, mais j'aurais porté rapidement la conviction dans l'esprit de nos juges, par des dispositions expérimentales nouvelles, empruntées à un progrès de mes recherches, postérieur de quelques années aux expériences dont il s'agit. J'aurais profité des résultats que j'ai publiés sur le facile développement de la levûre au contact de l'air, et j'aurais produit devant les Membres de la Commission autant de levûre que M. Liebig aurait pu raisonnablement en demander.

» Aujourd'hui, je viens placer sous les yeux de l'Académie une expérience qui réalise d'une façon encore différente de celle que j'indique, et avec plus d'évidence, les résultats auxquels je suis arrivé en 1858. (*Comptes rendus*, t. XLVII, p. 101; 1858.)

» Dans mon travail sur la bière, j'ai annoncé que j'avais trouvé le moyen de mettre en œuvre les ferments organisés dans un état de pureté irréprochable. Il en résulte que je puis déposer dans un milieu minéral sucré de la levûre tout à fait pure, sans mélange des moindres germes d'organismes étrangers à sa nature. Je puis, d'autre part, à l'aide des dispositions que j'ai maintes fois décrites devant l'Académie, manier un liquide à l'abri de l'air commun, sans qu'il puisse recevoir de celui-ci aucun germe capable de se développer ultérieurement. C'est ainsi que la

levûre pure, semée dans un liquide également pur, y vit sans être gênée par les infusoires ou par les levûres lactiques, etc.

» Voici un vase qui ne contenait à l'origine que de l'eau distillée, du sucre candi très-pur, des cendres de levûre et un sel d'ammoniaque et où j'ai déposé une trace, pour ainsi dire impondérable, de levûre. La fermentation y est active; la levûre, d'une blancheur et d'une pureté très-grandes, s'est développée déjà en poids relativement considérable. Le sucre disparaîtra complétement, sans éprouver d'autres fermentations que la fermentation alcoolique. On peut, par ce moyen, faire fermenter des kilogrammes de sucre et développer toute la levûre correspondante en obligeant celle-ci à emprunter tous ses matériaux nutritifs à un milieu minéral, l'azote de ses matières azotées à l'ammoniaque, son carbone au sucre, c'est-à-dire à la matière fermentescible, son phosphate et son soufre à des phosphates et à des sulfates alcalins ou terreux. C'est bien là, mais pour ainsi dire dans toute sa perfection possible, mon expérience d'il y a quinze ans, qui avait été considérée à juste titre comme la meilleure preuve qu'on pût fournir, que la fermentation alcoolique est corrélative de la nutrition et de la vie de la levûre et la condamnation des théories alors régnantes de Liebig, de Berzélius et de Mitscherlich.

» A l'aide de la disposition qui est sous les yeux de l'Académie, on peut aller plus loin et montrer combien est erronée l'assertion ancienne de Turpin sur la transformation de la levûre en *Penicillium glaucum*, assertion reproduite et étayée de nouvelles observations par divers botanistes allemands, et que M. Trécul, dans ces dernières années, a de nouveau soutenue en France, quoique je l'aie combattue déjà en 1861 devant la Société philomathique. Voici comment l'expérience peut servir à mettre la vérité en évidence.

» Vient-on à vider le liquide fermentant à une époque quelconque de la fermentation, le dépôt de levûre qui reste dans le vase peut y séjourner au contact de l'air, sans que jamais on voie apparaître la moindre formation de *Penicillium glaucum*. Le milieu est néanmoins très-propre au développement de cette moisissure; car si l'on fait pénétrer dans le vase quelques spores seulement de *Penicillium*, une végétation abondante de la moisissure se montre ultérieurement. Les descriptions de MM. Turpin, Hoffmann et Trécul ont donc porté sur une de ces illusions qu'on rencontre si fréquemment dans les observations au microscope.

» Pour l'expérience dont j'offre un spécimen à l'Académie, on peut se

servir des diverses levûres alcooliques; celle qui réussit le mieux et que j'ai le plus souvent employée est la levûre ordinaire de la fermentation du moût de raisin (1).

» Une remarque digne d'attention, c'est que la levûre qui a poussé dans un milieu minéral devient plus propre à se multiplier dans un tel milieu; elle s'y acclimate, en quelque sorte, comme les plantes dans certains sols. Cela est vrai également de la vie de la levûre à l'abri de l'air, en présence du gaz acide carbonique.

» Comme liquide minéral, on peut employer du sulfate d'ammoniaque et les cendres de levûre plus ou moins dissoutes à la faveur du bitartrate de potasse ou d'ammoniaque ou bien le liquide composé par M. Raulin dans ses remarquables recherches sur le développement des mucédinées, liquide qui convient au moins aussi bien que les cendres de levûre, sinon mieux. »

FERMENTATIONS. — *Réponse à M. Pasteur, concernant la transformation de la levûre de bière en* Penicillium glaucum; par M. A. Trécul.

« M. Pasteur, qui, dans chacune de ses Communications, se plaint d'être attaqué sans raison par ses adversaires, est, en réalité, toujours le provocateur. Aujourd'hui encore, sans avoir le prétexte d'un fait nouveau à communiquer à l'Académie, il répète ce qu'il a dit plusieurs fois déjà contre les observations de Turpin, de MM. Hoffmann et Trécul.

» Il met sous les yeux de l'Académie une de ses anciennes expériences, représentée par un grand ballon surmonté de deux tubes recourbés, et contenant environ 2 litres d'une solution de sucre additionnée de tartrate d'ammoniaque et de cendres de levûre. Cette liqueur ayant été ensemencée de levûre de bière, M. Pasteur nous dit : « L'Académie le voit, la levûre » vit très-bien dans un pareil milieu; elle s'y multiplie, et bientôt la fer- » mentation est très-énergique. »

» Qu'est-ce que cela prouve? Absolument rien contre la *génération* dite *spontanée* de la levûre. De ce que la levûre de bière toute formée végète parfaitement dans une liqueur qui renferme tous les éléments nécessaires à sa nutrition, il n'en résulte pas que des cellules de cette levûre ne puissent être produites par des matières plasmatiques ou albuminoïdes en dissolution.

---

(1) Cette levûre est une levûre basse; mais ce n'est pas, comme je l'ai annoncé, la vraie levûre des *brasseries à fermentation basse*.

» Après quelques objections à la théorie de M. Liebig, M. Pasteur termine sa Communication en disant que, si l'on enlève le liquide, en conservant la levûre déposée au fond du ballon, on ne voit pas cette levûre croître en *Penicillium*, bien que des spores de *Penicillium* semées pardessus se développent en reproduisant la forme initiale.

» Cette simple assertion de M. Pasteur et le seul grand vase en partie plein de liquide, qu'il met sous nos yeux, ne nous font pas connaître les conditions précises dans lesquelles il prétend avoir fait son expérience. En tout cas, il est manifeste que ces conditions sont loin de réaliser celles dans lesquelles Turpin et moi avons fait nos observations. Lors même que M. Pasteur eût effectué la décantation de la plus grande partie du liquide dans lequel la levûre a végété, cela ne changerait pas suffisamment le genre de vie de celle-ci, qui resterait toujours entourée par la liqueur dans laquelle elle est née.

» Or, d'après M. Pasteur, la levûre de bière est une *anaérobie*, c'est-à-dire qu'elle vit dans un liquide privé d'oxygène libre; pour qu'elle devienne *Mycoderma* ou *Penicillium*, qui sont des *aérobies*, il faut de toute nécessité, dans des circonstances favorables, la placer dans l'air; car, sans cela, ainsi que le nom l'indique, il n'y a point d'*aérobie* possible.

» Pour obtenir la transformation de la levûre de bière en *Mycoderma cervisiæ* ou en *Penicillium glaucum*, il faut accepter les conditions dans lesquelles ces deux formes ont été obtenues. Si M. Pasteur persiste à tenir la levûre dans des milieux qui ne peuvent donner la modification voulue, il est clair que ses résultats seront toujours négatifs.

» M. Pasteur réplique que, dans les circonstances réalisées par Turpin et par M. Trécul, le *Penicillium* provient de spores tenues en suspension dans l'air. Cette assertion est sans fondement, pour deux raisons: 1° parce que, dans l'air en repos, il n'existe pas de spores de *Penicillium* en suspension, leur densité ne le permettant pas; 2° parce que la levûre de bière passe de deux manières à l'état de *Penicillium*: A, directement, en produisant un filament à longues cellules, qui se ramifie et se termine par un pinceau de conidies; B, en donnant d'abord un filament à cellules courtes, elliptiques, qui émet latéralement des rameaux à courtes cellules aussi, et constitue de la sorte, ainsi que je l'ai dit antérieurement après Turpin, le *Mycoderma cervisiæ*, dont l'extrémité ou celle de ses branches finit par produire des cellules plus longues qui engendrent les pinceaux du *Penicillium*.

» Comme cette dernière forme présente à la fois l'*état mycodermique* vers la base, et les *pinceaux* du *Penicillium* au sommet, il est prouvé du

même coup que le *Penicillium* peut naître du *Mycoderma cervisiæ*, et que le *Penicillium* et le *Mycoderma* sont engendrés par la levûre.

» Les formes *Mycoderma* et *Penicillium* étant réunies sur le même individu, il est démontré, comme je l'ai plusieurs fois répété, que les négations de M. Pasteur sont vaines, en ce qui regarde la parenté de ces deux formes, qu'il considère comme tout à fait étrangères l'une à l'autre, ainsi qu'à la levûre de bière. »

ÉLECTROCHIMIE. — *Acétylène liquéfié et solidifié sous l'influence de l'effluve électrique*. Note de MM. P. et Arn. Thenard.

« En soumettant à l'action de l'effluve électrique, dans l'appareil de M. Arn. Thenard, MM. Thenard ont observé que ce gaz se condense avec une grande rapidité, 4 à 5 centimètres cubes par minute, et qu'il laisse bientôt sur les parois intérieures de l'appareil un corps solide, d'apparence vitreuse, plutôt cornée, d'une grande dureté et d'une couleur lie de vin.

» Soumis à l'analyse, ce corps donne exactement la formule élémentaire de l'acétylène gazeux. Ce corps s'est d'ailleurs jusqu'ici montré réfractaire à tous les dissolvants, même à l'acide nitrique fumant, qui, à froid, n'a sur lui aucune action immédiate.

» Jusqu'ici les auteurs ne sont pas parvenus à distiller l'acétylène solide; cependant, partageant les soupçons de M. Berthelot, ils ne sont pas éloignés d'espérer que le corps qu'ils ont obtenu est du bitumène ou un analogue.

» En variant leur expérience, ils ont également obtenu un corps liquide, qui, évidemment, a la composition élémentaire de l'acétylène gazeux; mais quelle en est la condensation? C'est également ce qu'ils ne peuvent encore dire. Ce corps est bien plus difficile à préparer que le précédent; aussi n'en ont-ils pu jusqu'à présent obtenir que de trop petites quantités pour en faire l'analyse et en donner la densité de vapeur. »

OPTIQUE. — *Recherches expérimentales sur les anneaux colorés de Newton*; par M. P. Desains.

« Pour vérifier expérimentalement la théorie des anneaux colorés de Newton, on se borne ordinairement à mesurer, sous une ou plusieurs incidences, les diamètres d'un certain nombre de ces anneaux. Une bonne vis micrométrique permet de faire ces mesures avec beaucoup de commodité

et de rigueur. On peut aussi employer une vis pour mesurer directement la quantité dont il faut écarter les deux verres l'un de l'autre pour forcer l'anneau de l'ordre n à venir prendre la place de la tache centrale, et cela dans les différentes couleurs prismatiques. D'après la théorie, cette quantité est égale à n fois la demi-longueur d'ondulation de la lumière employée. L'appareil que j'emploie dans le laboratoire d'enseignement de la Faculté pour vérifier ce point de la théorie a été construit avec beaucoup de soin par M. Laurent-Duboscq.

» Les anneaux se forment comme d'ordinaire entre une lentille et un plan. La lentille est fixe ou n'a que des mouvements de rappel; le plan se meut régulièrement sous l'action d'une bonne vis micrométrique dont le pas a été demandé égal à $\frac{1}{2}$ millimètre. Or, si l'on excepte des parties tout à fait extrêmes de cette vis, quelle que soit celle qui se trouve engagée dans l'écrou, on peut s'assurer d'abord que la marche angulaire, nécessaire pour faire rentrer soixante anneaux consécutifs dans la tache centrale, ou les en faire sortir, est constante.

» Ce premier point vérifie l'exactitude de la vis et cela, comme on voit, par un procédé simple et rapide et qui pourrait, il me semble, être appliqué en bien des cas.

» Deuxièmement, j'ai vu que cette marche angulaire correspondant à soixante anneaux est de 12°,85.

» On a donc, si le pas est bien $\frac{1}{2}$ millimètre,

$$60\,\frac{\lambda}{2} = 0^{\text{mm}},5\,\frac{12.85}{360},$$

d'où l'on déduit

$$\lambda = 0^{\text{mm}},000594.$$

» La lumière employée était celle du gaz salé, et l'on admet assez généralement que la longueur d'onde des rayons voisins de la raie D est $0^{\text{mm}},000589$.

» Il est facile de répéter des expériences analogues en éclairant les verres avec des rayons sensiblement homogènes pris dans les différentes régions d'un bon spectre, et je me suis assuré que le spectre d'une lampe Drummond est bien assez intense pour cet objet.

» Le nombre des anneaux qui passent pour un tour entier de la vis est de seize cent quatre-vingt-trois quand on opère avec la lumière voisine de la raie D; or, comme le bouton par lequel on agit n'a pas plus de 4 centimètres de diamètre, on voit qu'il faut faire mouvoir la main très-

lentement pour ne pas faire rentrer plusieurs anneaux à la fois dans la tache centrale. Quand on veut se borner à observer seulement le passage d'une quinzaine d'anneaux, il est préférable de conduire la vis motrice principale avec une vis tangente micrométrique elle-même. Dans mon appareil, un tour entier de la vis tangente correspond à deux anneaux et demi seulement, et l'on peut, par conséquent, fractionner aisément en plus de cent parties égales le mouvement de l'anneau qui répond à un déplacement de 0,000592 dans le verre mobile. »

THERMODYNAMIQUE. — *Démonstration directe de l'équation* $\int \frac{dQ}{T} = 0$, *pour tout cycle fermé et reversible;* par M. A. Ledieu (*).

« Avant d'entamer la question elle-même, nous entrerons dans quelques détails sur le mouvement de *changement de disposition intérieure* de tout corps, changement qui comprend, bien entendu, le changement de volume, mais aussi toutes les modifications et déplacements que les trajectoires de vibration des atomes peuvent subir sans que le volume varie.

» Ce point n'ayant pas été suffisamment développé dans nos Communications antérieures, plusieurs de nos démonstrations ont pu laisser à désirer dans l'esprit des lecteurs, d'autant que, faute d'avoir nous-même suffisamment approfondi alors le mouvement dont il s'agit, nous avons établi la relation générale donnée aux *Comptes rendus* du 18 août 1873, pour le cas particulier où les vibrations atomiques seraient seulement modifiées dans leur durée. Ce cas est *si particulier* qu'au premier abord la démonstration employée paraît inexacte, tandis qu'en réalité, et comme cela doit être, elle cadre avec la démonstration générale que nous donnons aujourd'hui, et qui convient aux variations simultanées de tous les éléments des vibrations et non pas seulement à la modification de leur durée.

» Par ailleurs, nous ne saurions trop insister sur ce que, dans notre théorie, nous supposons expressément que les atomes des gaz décrivent des *vibrations* aussi bien que ceux des solides et des liquides. Selon nous, ce qui caractérise les gaz, c'est que leur *énergie potentielle* est toujours nulle. Cette circonstance n'implique pas, du reste, qu'il y ait indépendance absolue entre les atomes, autrement dit que leurs actions mutuelles soient

(*) Il pourra être utile au lecteur de se reporter à nos Notes antérieures sur la *Thermodynamique démontrée directement*, insérées dans les *Comptes rendus* des 14, 21 et 28 juillet, 4, 11, 18 et 25 août 1873, et du 5 janvier 1874.

nulles; on peut seulement inférer de là que la *somme* des travaux de ces actions doit nécessairement se réduire sans cesse à zéro.

» D'autre part, nous ne tenons pas compte des forces vives dues à la rotation possible des atomes *sur eux-mêmes;* car nous prouvons dans notre Mémoire que, d'après nos connaissances actuelles, ces forces vives auraient leurs variations négligeables par rapport à celles des forces vives vibratoires des atomes regardés comme des points matériels. Ce n'est pas à dire pour cela que nous considérions comme nuls en général les effets qui résulteraient de la rotation des atomes *sur eux-mêmes.* Avec notre ordre d'idées, ils le seraient dans les phénomènes calorifiques; mais nous admettons volontiers qu'ils pourraient être très-importants dans les phénomènes de polarisation, d'électricité, etc. Seulement, ils seraient probablement alors d'ordre cinématique, dépendant, par exemple, de l'orientation entre eux des axes de rotation.

» I. *Variation des éléments des vibrations atomiques d'un corps sous l'influence d'un changement de disposition intérieure et de température.* — Nous supposerons expressément dans ce qui suit que toute la masse du corps est à chaque instant en équilibre de température, et que les vitesses de changement de disposition intérieure sont négligeables, en d'autres termes que les vitesses par rapport au système de trois axes coordonnés indiqué en 1° ci-après, se réduisent, sans erreur sensible, aux vitesses *vibratoires.*

» Admettons que le corps soit soumis à l'influence de forces moléculaires extérieures, soit *mesurables dynamométriquement*, soit *calorifiques*, forces dont les caractères mécaniques propres ont été nettement rappelés dans le renvoi de la page 32 des *Comptes rendus* du 5 janvier dernier. Le corps changera à la fois de disposition intérieure et de température. Il y aura alors, soit simultanément, soit isolément : 1° *changement de position, parallèlement à elle-même,* de chaque trajectoire de vibration par rapport à trois axes coordonnés rectangulaires, menés par le centre de gravité du solide fictif relatif au corps pour l'instant considéré et liés invariablement à ce solide; 2° *variation d'orientation* de cette trajectoire par rapport aux mêmes axes, et *modification de sa forme;* 3° *changement de son étendue*, laquelle peut évidemment être regardée comme une fonction exclusive de la durée commune des vibrations et du carré de la moyenne des vitesses vibratoires relatives à ladite durée pour la trajectoire considérée; 4° *variation de cette même durée.*

» Afin de bien comprendre ces changements et variations, il faut imaginer qu'à chaque atome correspond, d'instant en instant, une vibration

instantanée, laquelle serait justement la vibration qui se réaliserait si toutes les forces qui agissent sur l'atome passaient, à partir de l'instant considéré, par les valeurs qu'elles devraient prendre précisément pour que le corps ne change ni de disposition intérieure ni de température.

» Ainsi, la trajectoire de vibration $K_1 L_1$, correspondant au temps $t + dt$, proviendra, en quelque sorte, non-seulement du changement de forme et d'étendue de la trajectoire KL relative au temps t, mais encore de son déplacement, parallèlement à elle-même et en orientation, par rapport aux trois axes coordonnés mentionnés plus haut, après le transport, de kl en KL, de cette trajectoire primitive, sous l'influence du mouvement d'ensemble.

» De son côté, la durée de chacune des deux vibrations sera comptée à partir d'un point convenu de la trajectoire correspondante, caractérisé par le fait que la force vive vibratoire de l'atome y est nulle, ou s'y trouve valoir une fraction déterminée de la force vive maximum.

» En général, les deux époques de départ dont il s'agit ne correspondront pas au même *moment absolu* pour les deux vibrations KL et $K_1 L_1$. Supposons que $t = C + n\tau$ exprime l'époque *absolue* où un atome se trouve en G à la fraction n de sa vibration KL de durée τ. Quand l'atome sera venu de G en G_1, par le seul fait du changement de disposition intérieure du corps, c'est-à-dire *abstraction faite de son mouvement vibratoire*, sa position G_1 correspondra évidemment, dans la vibration $K_1 L_1$ de durée $\tau + \delta\tau$, à une fraction de cette durée $\tau + \delta\tau$ égale à n, si l'on convient expressément, ce qui est loisible, que les deux époques relatives aux positions G et G_1 sont *simultanées*. Dès lors, pour tenir compte à la fois de la simultanéité de ces deux dernières époques et, au contraire, de la non-correspondance des deux époques susmentionnées d'où l'on compte la durée des vibrations, il faudra, dans l'expression précédente de t, considérer C comme une fonction implicite de τ, telle que la variation $\delta C = -n\,\delta\tau$.

» II. *Des trois travaux partiels auxquels chaque atome est soumis dans les changements de disposition intérieure et de température d'un corps.* — On est toujours libre de décomposer le travail élémentaire total des forces qui actionnent chaque atome d'un corps en trois parties satisfaisant aux conditions suivantes :

» La *première partie* servira à communiquer à l'atome le *mouvement d'ensemble* HG, soit à transporter la vibration instantanée de kl à KL.

» La *deuxième partie* sera employée à transporter l'atome, du point G de la vibration instantanée KL de durée τ, et correspondant à l'époque t, en G_1 sur la vibration K_1L_1 de durée $\tau + \delta\tau$ et correspondant à l'époque $t + dt$. D'après ce que nous venons de dire au § I, ce transport devra s'effectuer de façon que l'atome occupe, sur la seconde trajectoire, la position G_1 qui correspond à la fraction n de la durée $\tau + \delta\tau$ égale à la fraction n de la durée τ relative à la position G qu'il occupait sur la trajectoire primitive KL. De la sorte, tous les atomes du corps se trouveront occuper *simultanément*, sur leurs nouvelles trajectoires, les positions respectives correspondant à la nouvelle disposition intérieure du corps. Le chemin élémentaire GG_1, ainsi décrit par chaque atome, sera le *chemin infinitésimal dû au changement de disposition intérieure du corps.*

» Enfin la *troisième partie* du travail élémentaire total sera employée à faire parcourir à l'atome l'élément G_1F_1 de la nouvelle trajectoire, lequel diffère, du reste, d'un infiniment petit de second ordre avec le chemin analogue GF de la trajectoire primitive relative au temps t.

» III. *Expression du travail élémentaire relatif au mouvement de changement de disposition intérieure d'un corps en fonction de la variation, tant de sa force vive moyenne vibratoire que de la durée des vibrations atomiques.* — Parmi les trois travaux élémentaires composant le travail total, et que nous venons d'énumérer, le deuxième offre la particularité de pouvoir s'exprimer en fonction de la *variation* de la force vive moyenne vibratoire du corps, et de la *variation* $\delta\tau$ de la durée commune des vibrations.

» Pour le démontrer, nous considérerons le mouvement élémentaire des points du système supposé en repos d'ensemble, autrement dit leur mouvement relatif aux trois axes (§ I) menés par le centre de gravité du solide fictif qui correspond au système pour le moment considéré, et fixés invariablement avec ce solide. Nous regarderons dès lors les coordonnées x, y, z de tout atome comme se rapportant à ces trois axes.

» Cela posé, il est clair qu'au mouvement de changement de disposition intérieure GG_1 correspondent les variations δx, δy, δz des coordonnées de l'atome.

» De leur côté, les composantes de la force d'inertie de l'atome supposé de masse m ont respectivement pour valeur

$$-m\frac{d^2x}{dt^2}, \quad -m\frac{d^2y}{dt^2}, \quad -m\frac{d^2z}{dt^2}.$$

» Appelons

X_0, Y_0; Z_0, X'_0, ... les composantes suivant les mêmes axes des actions mo-

léculaires *extérieures mesurables dynamométriquement*, qui sont appliquées au corps;

X_φ, Y_φ, Z_φ, X'_φ,... les composantes des actions *moléculaires intérieures*.

» Appliquons le théorème de d'Alembert. Mais au préalable, remarquons que les quantités δx, δy, δz sont exclusivement des chemins de changement de disposition intérieure. Or, en vertu même de la propriété fondamentale des forces *calorifiques*, rappelée dans le renvoi de la page 32 des *Comptes rendus* du 5 janvier dernier, les travaux de ces forces, dus aux chemins de l'espèce en question, sont sans cesse nuls (aussi bien, du reste, que ceux dus aux chemins de mouvement d'ensemble), et, par suite, ils ne doivent pas entrer en ligne de compte. Nous aurons alors trois équations de la forme suivante :

$$(\alpha) \qquad \Sigma X_\theta \delta x + \Sigma X_\varphi \delta x = \Sigma m \frac{d^2 x}{dt^2} \delta x.$$

» A un instant donné, classons tous les atomes du corps en *séries* d'atomes ayant le *même* mouvement infinitésimal dû au changement de disposition intérieure. Dans chacune de ces séries, les atomes occuperont simultanément *par groupe*, sur leurs trajectoires de vibration, des positions correspondant respectivement, si le corps est *simple*, à un certain nombre des positions *distinctes* qu'un même atome du groupe considéré vient occuper successivement sur sa trajectoire dans le cours d'une vibration. A cause du *nombre immense* d'atomes qui existent dans tout corps de volume appréciable et y vibrent à la fois, chacun des groupes d'une même série présentera à *un même instant* une suite considérable de phases relatives aux travaux des forces d'inertie dus à un chemin élémentaire donné de changement de disposition intérieure. Cette suite se confondra avec une suite de phases de même espèce extrêmement rapprochées concernant un des atomes du groupe pendant *la durée d'une vibration déterminée*, et pouvant être regardée comme identique pour les divers groupes de la série et de plus comme indépendante de l'instant considéré.

» Pour les corps *composés*, ce qui précède est encore applicable, à condition qu'on forme des séries et des groupes avec les atomes jouant le même rôle dans chaque molécule intégrante, et ayant par conséquent des trajectoires de vibration identiques.

» En un mot, la somme $\Sigma m \frac{d^2 x}{dt^2} \delta x$ pourra être regardée, à un instant quelconque, comme se rapportant à un nombre restreint et défini d'atomes pris dans chaque *série de groupes* et considérés à de *mêmes* phases extrêmement rapprochées d'une vibration *déterminée*, d'ailleurs *complexe* si le corps

est composé. Conséquemment, cette somme est, sans erreur sensible, une quantité constante pour un instant quelconque d'un mouvement vibratoire *donné*. En s'appuyant sur cette constance, on obtiendra, d'après une démonstration analogue à celle de notre Note des *Comptes rendus* du 11 août 1873,

$$(\alpha') \qquad \Sigma m \frac{d^2 x}{dt^2} \delta x = \Sigma m \frac{1}{\tau} \int_t^{t+\tau} \frac{d^2 x}{dt^2} \delta x \, dt.$$

» Cherchons à transformer cette dernière expression; pour cela, remarquons que l'on a

$$\frac{d^2 x}{dt^2} \delta x = \frac{\left(d \dfrac{dx}{dt}\right) \delta x}{dt} = \frac{1}{dt}\left[d\left(\frac{dx}{dt} \delta x\right) - \frac{dx}{dt} d \delta x\right],$$

d'où

$$(\beta) \quad \frac{1}{\tau}\int_t^{t+\tau} \frac{d^2 x}{dt^2} \delta x \, dt = \frac{1}{\tau}\left[\left(\frac{dx}{dt} \delta x\right)_{t+\tau} - \left(\frac{dx}{dt} \delta x\right)_t\right] - \frac{1}{\tau}\int_t^{t+\tau} \frac{dx}{dt} \frac{d \delta x}{dt} dt.$$

Or le terme entre crochets du second membre de cette équation est nul; car, évidemment, la quantité $\frac{dx}{dt} \delta x$ aura repris, à la fin de la vibration, la valeur qu'elle avait au commencement; de la sorte il viendra

$$(\beta') \qquad \frac{1}{\tau}\int_t^{t+\tau} \frac{d^2 x}{dt^2} \delta x \, dt = -\frac{1}{\tau}\int_t^{t+\tau} \frac{dx}{dt} \frac{d \delta x}{dt} dt.$$

» Il restera à transformer le second membre de cette équation. En appelant toujours n la fraction, relative à l'instant considéré, de la durée τ de la vibration, on aura d'abord, comme il a été dit au § I,

$$t = C + n\tau,$$

C étant une fonction implicite de τ.

» Maintenant désignons, pour chaque atome, par

B_x^2, B_y^2, B_z^2 les projections sur les trois axes convenus de coordonnées, des moyennes des carrés des vitesses vibratoires pendant ladite durée de la vibration;

D_x, D_y, D_z les coordonnées d'un point convenu de la trajectoire de vibration. Comme il est loisible et avantageux de le faire, nous prendrons pour ce point la position actuelle de l'atome. En tout cas, les variations des coordonnées dont il s'agit correspondront exclusivement au déplacement qui résulte pour l'atome du changement de position, *parallèlement à elle-même*, de la trajectoire en question par rapport auxdits axes de

coordonnées, et conséquemment abstraction faite des déplacements de l'atome dus aux variations des autres éléments de la vibration.

» Nous pouvons toujours convenir que les trois coordonnées donnant, à un moment quelconque, la position de l'atome dans le mouvement relatif considéré, soient fournies par trois équations de la forme

$$x = D_x + f(\tau, B_x^2, n).$$

» Il nous sera aisé maintenant d'évaluer les chemins élémentaires δx, δy, δz, provenant exclusivement du changement de disposition intérieure du corps.

» En effet, d'après le § I : 1° ces chemins dépendent du *changement de position*, *parallèlement à elle-même*, de la trajectoire de vibration par rapport aux trois axes convenus de coordonnées; or ce changement est exclusivement fonction de D_x, D_y, D_z; 2° les chemins qui nous occupent semblent aussi devoir être influencés par la *variation d'orientation* et par la *modification de forme* de la trajectoire. Mais, eu égard à la signification de D_x, D_y, D_z, cette variation et cette modification, quand elles existent, reviennent en définitive, l'une et l'autre, à une rotation infiniment petite de la trajectoire autour du point x, y, z, rotation qui manifestement ne saurait affecter les valeurs de δx, δy, δz; 3° lesdits chemins relèvent encore du *changement de l'étendue* de la trajectoire, laquelle étendue, ainsi que nous l'avons déjà dit au § I, peut toujours être regardée comme une fonction exclusive de τ et de B_x^2, B_y^2, B_z^2.

» D'après tout cela, il est évident que les éléments de l'espèce δx s'obtiendront en *variant* l'équation en x, successivement par rapport à D_x, τ et B_x^2, ce qui se fera en regardant pendant cette opération n comme constant, à cause des conventions expresses faites au § I. On trouvera ainsi

$$\delta x = \delta D_x + \frac{dx}{dt}\delta\tau + \frac{dx}{dB_x^2}\delta B_x^2.$$

Différentions l'égalité précédente par rapport à t, en considérant D_x, τ et B_x^2 comme constants. Le premier membre de cette égalité donne d'abord

$$\frac{d\delta x}{dt} = \frac{d\delta x}{dn}\frac{dn}{dt}.$$

Dès lors, en opérant sur le second membre, il viendra

$$(\gamma) \qquad \frac{d\delta x}{dt} = \frac{d_x^2}{d\tau\, dn}\frac{dn}{dt}\delta\tau + \frac{d_x}{dB^x\, dn}\frac{dn}{dt}\delta B_x^2.$$

On obtiendra, d'autre part, en commençant par différentier l'équation en x,

et en la *variant* ensuite,

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dx}{dn}\frac{dn}{dt},$$

$$(\varepsilon)\quad \frac{\delta dx}{dt} = \left[\delta\left(\frac{dx}{dn}\right)\right]\frac{dn}{dt} + \frac{dx}{dn}\delta\left(\frac{dn}{dt}\right) = \frac{d_x^2}{dn\,d\tau}\frac{dn}{dt}\delta\tau + \frac{d_x^2}{dn\,d\mathrm{B}_x^2}\frac{dn}{dt}\delta\mathrm{B}_x^2 + \frac{dx}{dn}\delta\left(\frac{dn}{dt}\right).$$

» En combinant entre elles les équations (γ) et (ε), on obtient

$$(\zeta)\quad \frac{d\,\delta x}{dt} = \delta\frac{dx}{dt} - \frac{dx}{dn}\delta\left(\frac{dn}{dt}\right).$$

» Mais $\frac{dx}{dn} = \frac{dx}{dt}\frac{dt}{dn}$, et de l'équation $t = \mathrm{C} + n\tau$ on tire

$$\frac{dn}{dt} = \frac{1}{\tau},\quad \delta\frac{dn}{dt} = -\frac{\delta\tau}{\tau^2}.$$

» L'équation (ζ) peut dès lors s'écrire

$$(\zeta')\quad \frac{d\,\delta x}{dt} = \delta\frac{dx}{dt} + \frac{dx}{dt}\frac{\delta\tau}{\tau}.$$

» Cette valeur de $\frac{d\delta x}{dt}$, introduite dans l'équation (β'), donnera

$$(\beta'')\quad \left\{\begin{aligned} \frac{1}{\tau}\int_t^{t+\tau}\frac{d^2x}{dt^2}\delta x\,dt &= -\frac{1}{\tau}\int_t^{t+\tau}\frac{dx}{dt}\left(\frac{\delta dx}{dt} + \frac{dx}{dt}\frac{\delta\tau}{\tau}\right) \\ &= -\frac{1}{\tau}\int_t^{t+\tau}\frac{1}{2}\delta\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 dt - \frac{1}{\tau}\frac{\delta\tau}{\tau}\int_t^{t+\tau}\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 dt.\end{aligned}\right.$$

» Si nous remarquons que l'on a évidemment

$$\int_t^{t+\tau}\delta\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 dt = \delta\int_t^{t+\tau}\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 dt,$$

l'équation (α), combinée avec (α') et (β''), donnera

$$(\alpha'')\quad \Sigma\mathrm{X}_\theta\,\delta x + \Sigma\mathrm{X}_\varphi\,\delta x = -\sum\frac{m}{2}\frac{1}{\tau}\delta\int_t^{t+\tau}\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 dt - \Sigma m\frac{\delta\tau}{\tau}\frac{1}{\tau}\int_t^{t+\tau}\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 dt.$$

» On trouvera, par rapport aux axes des Y et des Z, des équations analogues à la précédente. Additionnons les trois équations ainsi obtenues; mais rappelons-nous, dans cette opération, que, suivant l'hypothèse expresse faite au commencement du § I, les *vitesses* de changement de disposition intérieure sont supposées négligeables; dès lors

$$\frac{1}{2}\frac{1}{\tau}\sum\int_t^{t+\tau} m\left[\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2\right] dt$$

sera justement égal à la force vive moyenne vibratoire du système, que nous avons représenté par $\frac{\Sigma m B^2}{2}$. A l'aide de cette remarque, nous arriverons à la relation

$$(\eta)\quad \Sigma(X_\theta \delta x + Y_\theta \delta y + Z_\theta \delta z) + \Sigma(X_\varphi \delta x + Y_\varphi \delta y + Z_\varphi \delta z) = -\frac{\Sigma m \delta B^2}{2} - \Sigma m \frac{\delta\tau}{\tau} B^2.$$

» Cette relation donne bien l'expression que nous nous proposions de trouver du travail élémentaire relatif au mouvement de changement de disposition intérieure du corps. Elle va nous permettre d'en établir deux autres plus générales, de la dernière desquelles nous déduirons, en fin de compte, l'égalité $\int \frac{dQ}{T} = 0$, qu'il s'agit de démontrer. »

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Sur l'enseignement de la Mécanique appliquée, donné par Poncelet.* Note de M. le général **Morin**.

« L'Académie ne s'étonnera pas, je l'espère, que tenant à honneur, comme je le fais, d'avoir été à l'École d'application de l'Artillerie et du Génie, d'abord, en 1829, l'adjoint et plus tard, en 1835, le successeur de Poncelet dans l'enseignement de la Mécanique appliquée, je croie devoir appeler son attention sur l'ensemble des travaux si originaux de notre confrère à ce sujet et provoquer la publication de la partie de ses œuvres qui s'y rapporte.

» Celle d'une partie du Cours de *Mécanique appliquée aux machines* professé par Poncelet à l'École d'application de l'Artillerie et du Génie, et celle de la deuxième édition de l'*Introduction à la Mécanique physique et expérimentale* du même auteur, faites par les soins de sa veuve, ont pour l'histoire de l'enseignement de la Mécanique, et pour la mémoire de celui qui en fut un des maîtres les plus illustres, une importance assez grande pour justifier de ma part cette intervention.

» Indulgent et bienveillant pour les travaux des autres, Poncelet était très-difficile pour les siens, les retouchait sans cesse et, trop fidèle au précepte du poëte, « vingt fois sur le métier remettait son ouvrage ».

» Les rédactions préparées, ses propres manuscrits en portent la preuve et sont couverts de notes, d'additions interlignées à plusieurs reprises et d'une écriture de plus en plus microscopique.

» Mais, pendant que, tout en poursuivant sans cesse d'autres recherches, il perfectionnait l'œuvre accomplie, le temps s'écoulait, la Science pour laquelle il avait ouvert la voie progressait, ses idées se répandaient, ses

préceptes, sa méthode étaient adoptés, et il avait souvent le regret de voir énoncer par d'autres les idées qu'il avait le premier mises au jour.

» De semblables contrariétés, plus vives encore peut-être, lui étaient réservées par suite de l'interruption forcée de ses études de Géométrie, lorsqu'en 1825 il fut appelé à accepter, sinon avec répugnance, du moins, comme il le dit, avec un vif sentiment de regret, la tâche honorable, mais laborieuse, de créer le Cours de Mécanique appliquée aux machines, qui devait l'obliger à ajourner la publication des travaux géométriques destinés à faire suite au *Traité des propriétés projectives des figures*, dont il avait trouvé les principes fondamentaux au printemps de 1813, pendant sa captivité à Saratoff, non loin du Volga.

» Cette science de la Géométrie, à laquelle il avait ouvert des voies nouvelles, avait été la consolation de sa longue et dure captivité; il lui en était justement reconnaissant, et tenait à prouver qu'elle était digne de prendre rang dans la Section de l'Académie qui en porte le nom. Il avait été, je puis le dire, péniblement froissé lorsqu'à l'occasion d'une vacance dans cette Section, on ne l'avait pas trouvé assez géomètre pour placer son nom sur la liste des candidats, et il a toujours tenu à tirer de cette exclusion une noble et légitime satisfaction.

» Ce sentiment seul peut expliquer comment, malgré les plus pressantes sollicitations, il a persisté à consacrer les dernières années de sa laborieuse et féconde vie à ses études de Géométrie, qui ne peuvent être dignement appréciées que du petit nombre de savants qui cultivent cette belle science, et à retarder sans cesse la publication de ses travaux de Mécanique, qui ont cependant et presque malgré lui, rendu son nom si justement populaire.

» Lorsqu'en 1825 Poncelet, fort souffrant encore des suites de sa captivité en Russie et attaché à la place de Metz, fut inopinément et presqu'à son corps défendant chargé d'organiser à l'École d'Application l'enseignement de la Mécanique appliquée pour les besoins des services de l'Artillerie et du Génie, il était fort peu préparé à cette mission, pour laquelle il ne pouvait trouver dans les ouvrages publiés et dans les cours professés jusqu'alors que bien peu de ressources : on ne possédait alors sur ces matières que les Notes de Navier sur l'architecture hydraulique de Bélidor, publiées en 1819.

» Malgré l'état fort triste alors de sa santé, Poncelet se mit résolûment à l'œuvre, et commença en 1825 son Cours, dont les premières leçons furen autographiées dans l'hiver de 1825 à 1826 par les soins de M. le capitaine du Génie Gosselin.

» Cette première édition, tirée à un petit nombre d'exemplaires, fut réimprimée en autographie en 1828, sans modifications importantes, et elle comprenait seulement les trois premiers Chapitres :

» *Section I :* Considérations générales sur les machines.

» *Section II :* Des principaux moyens de régulariser l'action des forces qui agissent sur les machines et d'assurer l'uniformité du mouvement.

» *Section III* : De l'évaluation des résistances passives.

» L'ensemble ne formait qu'un volume in-folio de 151 pages.

» Poncelet y posait déjà les notions fondamentales qui devaient lui servir de point de départ pour les applications si nombreuses qu'il se proposait de traiter.

» Dans son Cours de 1828, il aborda les questions les plus importantes pour le service de l'Artillerie : l'hydraulique, les récepteurs, les machines à vapeur, encore si peu connues, au point de vue scientifique.

» On ne possédait alors, pour guider les ingénieurs dans l'étude des cours d'eau, que les travaux de Prony, de Girard, de Navier; ceux d'Aubuisson n'avaient pas encore paru. Pour les moteurs hydrauliques, Gueniveau et Navier avaient donné des notions théoriques, mais à peine quelques résultats d'expériences. Poncelet seul, abordant d'une manière neuve et originale la question des roues qui reçoivent l'action de l'eau à leur partie inférieure, avait, dès 1825, posé les bases de la théorie des roues à aubes courbes, qui sont aussi celles de la théorie des turbines nouvelles inventées plus tard : il avait justifié l'exactitude de ses principes par des expériences délicates.

» Plus souffrant que jamais d'une affection d'estomac contractée dans la campagne de Russie, il ne pouvait, malgré toute son énergie morale, suffire à la fois à la préparation d'un Cours nouveau et à la rédaction de ses leçons, si nécessaires cependant à ses élèves, lorsqu'il trouva dans l'un d'eux un concours aussi inattendu que dévoué. Celui qui devait être plus tard l'illustre et regretté Lamoricière se chargea de ce soin, et s'acquitta heureusement de la tâche difficile pour tous, et surtout pour un élève, de reproduire avec clarté les idées du maître.

» Souvent arrêté dans ses recherches par le défaut des données fondamentales que l'expérience seule peut fournir, il demanda à mon activité ce que ses forces ne lui permettaient pas d'exécuter.

» C'est ainsi que, pour obtenir des bases à la théorie du tirage des voitures qui lui était demandée par l'Artillerie, il obtint qu'elle mît à ma disposition les ressources à l'aide desquelles j'ai pu exécuter, sur le frottement

et sur cette question, les expériences qui m'ont valu, pour la première fois, l'approbation de l'Académie.

» Toujours désireux de compléter son œuvre et de traiter toutes les questions de Mécanique appliquée qui se rattachaient aux services de l'Artillerie et du Génie, Poncelet les abordait successivement et n'avait presque jamais le temps de rédiger ses leçons. Il se bornait le plus souvent à préparer des résumés succincts. De 1832 à 1836, il me confia ce soin, et c'est à l'aide de ses notes et de ses conseils que, sous sa direction, je fis autographier, pour le service des élèves de l'École, le Cours qui vient d'être publié par M. Kretz.

» Lorsque je fus appelé à l'honneur de succéder à Poncelet, je me suis toujours fait un devoir de signaler à l'attention des élèves la concordance des faits avec les principes de ses théories, et leurs travaux nous en ont souvent offert des preuves remarquables, qu'il n'est pas hors de propos de rappeler.

» En effet, les levers d'usines exécutés par les élèves et les Mémoires qu'ils rédigeaient nous fournissaient souvent des vérifications fort curieuses des théories que leur avaient exposées Poncelet. Je retrouve dans les Notes que je conservais alors sur les meilleurs de ces Mémoires des preuves du succès qu'obtenaient dans ces études plusieurs de ces élèves consciencieux et ardents au travail, qui ont acquis depuis dans l'armée et dans le pays une réputation méritée.

» Quoique la science et l'expérience aient continué à progresser et que de nouvelles lumières aient été jetées sur une partie des questions que Poncelet a traitées, il importe à sa mémoire que son œuvre soit connue, afin que le monde scientifique n'ignore pas ce qu'il lui doit.

» Ainsi, les notions que, sous le titre modeste de *Leçons préparatoires au lever d'usines*, il a données sur l'hydraulique et sur les récepteurs, forment un ensemble qui fut pour lui l'occasion de coordonner ce qui avait été fait antérieurement sur les questions relatives au mouvement des eaux, et surtout d'étendre et de généraliser les applications du principe si fécond des forces vives au mouvement et à l'écoulement des fluides dans les tuyaux de conduite et dans les canaux.

» Les règles qu'il a données, les formules usuelles qu'il en a déduites, les expériences si nombreuses qu'il a organisées, exécutées et discutées avec son frère d'armes le colonel Lesbros, ont été et sont encore le guide de tous les auteurs qui ont écrit sur ces matières, et, pour ma part, je n'en connais pas jusqu'ici de plus sûr, quant aux principes.

» L'expérience, il est vrai, a fait connaître que les formules pratiques

déduites par Prony des observations de Dubuat, de Couplet et de Bossut, et que Poncelet avait adoptées, ne représentaient pas aussi exactement qu'on le pensait alors les circonstances de ces mouvements. Les beaux travaux de Darcy et de son savant successeur, M. Bazin, ont conduit à modifier assez profondément ces formules pour que les ouvrages dans lesquels on les avait prises pour bases des calculs d'application doivent être regardés comme surannés; mais les principes et les considérations théoriques développés par Poncelet n'en sont pas moins restés vrais et incontes-

» Ils ont même reçu par ses soins une vérification très-remarquable

tables.

que, malgré mes prières répétées, il n'a jamais fait connaître, préoccupé qu'il était toujours de recherches nouvelles, et plus avide de découvrir que de publier.

» Dans un voyage qu'il fit à Toulouse, en 1841, Poncelet s'entendit avec M. d'Aubuisson, le savant ingénieur auquel cette ville devait une belle distribution d'eau, pour faire des expériences destinées à contrôler l'exactitude de l'application du principe des forces vives aux pertes de vitesse et de pression occasionnées dans les conduites d'eau par les changements brusques dus aux étranglements, aux rélargissements et aux coudes. La question était alors un peu incertaine pour quelques savants, même à l'Académie.

» Les résultats des expériences confirmèrent pleinement l'exactitude de cette application, et la preuve en existe encore dans les notes manuscrites que Poncelet a laissées : je les ai vues à diverses reprises. On conçoit facilement l'intérêt qu'aurait encore aujourd'hui cette publication.

» Les principes que notre confrère avait exposés dans son Cours, au sujet de la construction des récepteurs hydrauliques, sont également devenus la base de tous les enseignements de Mécanique appliquée à ce genre de moteurs; et plus l'art du constructeur a su se rapprocher des conditions supposées par la théorie, plus les résultats de l'expérience ont confirmé ces principes.

» Plus tard, en effet, M. le général Didion est parvenu à résoudre approximativement, par des tracés géométriques, la question que Poncelet n'avait qu'abordée, mais sans pouvoir la résoudre complétement, avec les ressources de l'analyse. Ce savant officier général en a déduit des dispositions d'une exécution facile, qui donnèrent à notre confrère, vers la fin de ses jours, la satisfaction de voir le récepteur de son invention produire un effet utile, égal à celui des bonnes turbines.

» *Machines à vapeur.* — Si, depuis que Poncelet avait donné un ensemble

à peu près complet de formules pour mettre les élèves de l'École d'application de l'Artillerie et du Génie à même de se rendre compte de l'effet utile des machines dont ils étaient chargés d'exécuter le lever, l'art de la construction a varié, pour ainsi dire à l'infini, les formes et les proportions de ces moteurs; si la nature et les conditions du service qui leur est demandé ont été considérablement étendues et modifiées, les principes qu'il a posés n'en sont pas moins restés vrais, et sont encore appliqués.

» Les formules pratiques qu'il avait admises étaient le résultat d'observations et d'expériences que nous avions faites ensemble ou séparément, et elles peuvent être encore appliquées aux machines de construction analogue à celles sur lesquelles elles ont été déterminées.

» Le succès du Cours créé par Poncelet à l'École d'application de l'Artillerie et du Génie et la voie nouvelle qu'il venait d'ouvrir avaient été trop remarqués pour que, à l'époque où Charles Dupin venait d'inaugurer en France l'enseignement des Sciences appliquées, tous les amis de la propagation de leur féconde lumière ne fissent pas appel au dévouement de notre confrère.

» Malgré l'état de sa santé, Poncelet ne fut pas sourd à cet appel, et en 1827 il ouvrait à Metz un Cours public et gratuit de Mécanique industrielle, Cours qu'il professa jusqu'en 1829 pour les artistes et les ouvriers.

» Profondément pénétré de cette vérité, trop méconnue de bien des professeurs, que les méthodes les plus simples et les plus directes sont les plus sûres pour faire pénétrer dans les esprits la lumière et les vérités fondamentales de la science, Poncelet, dès ses débuts dans cet enseignement, prit le parti de ne recourir pour ses démonstrations qu'aux notions élémentaires de la Géométrie, et posa, pour ainsi dire, comme un axiome fondamental de la Mécanique appliquée, et comme point de départ de toutes les applications, le principe fécond de la transmission du travail, qui n'est qu'une généralisation de celui qu'en Mécanique rationnelle on connaît sous le nom de *principe des vitesses virtuelles*.

» Aidé d'amis et de collaborateurs dévoués, il publia en 1829 la première partie de son Cours.

» Le succès de cette première édition, dans laquelle on voyait établir d'une manière si simple et si lucide les principes fondamentaux de la Mécanique, enveloppés jusqu'alors d'un appareil parfois inutile de calcul, fut tel que Poncelet dut s'occuper de compléter son œuvre. Il l'entreprit en 1830, fut malheureusement obligé par sa santé de l'interrompre, la reprit en 1835, la suspendit de nouveau en 1838 et ne put publier qu'en 1839,

sous le titre d'*Introduction à la Mécanique industrielle, physique ou expérimentale*, l'important ouvrage qui a jeté tant de lumière sur une foule de questions de Mécanique appliquée.

» Une troisième édition de cet ouvrage, éditée en 1870 par les soins pieux de Mme Poncelet, qui en a confié la direction à M. Kretz, ingénieur des Manufactures de Tabac, ne diffère de la deuxième que par quelques additions.

» En entreprenant de mettre à la portée d'un grand nombre d'auditeurs les principes de la Mécanique et de traiter toutes les questions qui s'y rattachent à l'aide des simples notions de la Géométrie élémentaire et des données de l'observation, Poncelet a rendu à la science l'immense service, trop dédaigné souvent, de la vulgariser, d'en répandre l'amour et de faire passer dans l'esprit de la jeunesse cette confiance, cette foi dans ses vérités, que n'inspirent pas toujours au même degré les méthodes en apparence plus savantes, mais non plus rigoureuses, qui prévalaient alors dans plus d'une école.

» Mais heureusement des hommes plus sages, plus expérimentés dans l'enseignement, et surtout plus amis de la science elle-même que de la forme sous laquelle elle se présente, songèrent qu'un tel enseignement devait être donné sur un plus grand théâtre, et firent appeler Poncelet à professer à la Faculté des Sciences de Paris un *Cours de Mécanique physique et expérimentale*.

» En 1837, Thenard et Poisson, auquel il convient surtout d'en rapporter l'honneur, convaincus, dès cette époque, que les sciences devaient prendre au temps présent, dans l'enseignement, une plus grande place que par le passé, décidèrent M. de Salvandy, alors Ministre de l'Instruction publique, à créer ce Cours qui devait être confié à Poncelet.

» Si, parlant à l'École d'application de l'Artillerie et du Génie devant des élèves sortis de l'École Polytechnique, il avait pu recourir à la fois au raisonnement, à l'expérience, à la Géométrie et à l'analyse pour l'exposition de la science, il s'imposa pour le public, en partie moins bien préparé, auquel il devait s'adresser, la condition de renoncer à l'emploi du calcul infinitésimal, et de ne se servir que de la logique, de la Géométrie et des données de l'observation.

» C'est dans cet ordre d'idées que, de 1837 à 1841, Poncelet a professé ce Cours remarquable, pour la première rédaction duquel il fit appel à mon amitié, et dont le manuscrit, revu, augmenté et sans cesse revisé par lui, a été recopié en entier par une main dévouée, avec une patience que pouvait seule inspirer la plus tendre affection.

» Cette œuvre considérable existe complète, et sa publication me paraît d'autant plus désirable qu'outre l'honneur qu'elle ferait à la mémoire de son auteur elle contribuerait puissamment à propager en France, dans l'enseignement, l'usage trop négligé de s'adresser directement à l'esprit, au raisonnement des élèves, que l'on conduit souvent à perdre de vue la réalité des phénomènes à étudier, en les entourant d'un appareil superflu de calcul.

» Il est d'ailleurs d'autant plus important pour la mémoire de notre illustre Confrère que cette publication se fasse avec le soin convenable et dans toute sa pureté primitive, que déjà, depuis bien des années, ses méthodes ou d'autres analogues sont adoptées dans quelques enseignements de France et de l'étranger.

» Mais, en exprimant le vœu d'une publication complète de cette partie des œuvres de Poncelet, dans laquelle le respect pour la mémoire de l'auteur devrait interdire l'introduction de toute addition, je pense qu'il serait digne de l'Académie que, tout en rendant un juste hommage aux soins pieux de M[me] Poncelet, la Compagnie se chargeât elle-même de cette publication, ainsi qu'elle l'a fait pour les travaux de plusieurs de nos Confrères.

» Si cependant cette proposition, que je crois digne de la mémoire de Poncelet, devait blesser des sentiments que j'honore, je serais le premier à la retirer, mais non sans regret. »

M. **Daubrée** fait part à l'Académie d'observations faites par M. le professeur Nordenskiöld, pendant un séjour que ce savant a fait l'été dernier dans les régions polaires.

« Ces observations font suite à celles qui ont déjà été communiquées, de la part de l'intrépide voyageur, il y a quelques mois, d'après des lettres écrites du Spitzberg (1); elles concernent particulièrement la poussière charbonneuse avec fer métallique qu'il avait signalée dans ces régions, la constitution des vastes glaciers qu'il a explorés au milieu des plus grands dangers, et enfin les gisements de plantes fossiles qui y sont aujourd'hui reconnus dans cinq étages distincts.

« J'ai enfin analysé la substance métallique que j'ai trouvée dans la poussière charbonneuse recueillie sur la glace et la neige pendant la dernière expédition, par 80 degrés de

---

(1) *Comptes rendus*, t. LXXVII, p. 464; 1873. *Geological Magazine*, t. IX (1872), p. 303 à 306 et 355 à 357.

latitude, et en 1870 sur l'Inlandis (mer de glace intérieure du Groënland) (1). La quantité de substance dont j'ai pu disposer était trop minime pour qu'il pût être question d'une analyse quantitative; mais en dissolvant cette poussière dans l'eau régale, séparant le fer par l'ammoniaque en excès, précipitant les autres métaux avec le sulfhydrate d'ammoniaque, puis traitant le précipité au chalumeau avec du borax, j'ai pu constater *la présence du nickel et du cobalt*. Quant au fer hydraté précipité avec l'ammoniaque, après avoir été de nouveau dissous dans de l'acide nitrique et précipité avec du molybdate d'ammoniaque, il donne la réaction du phosphore.

» J'ai encore examiné de la grêle tombée à Stockholm l'automne dernier, et j'y ai trouvé de petits grains noirs qui, triturés entre deux mortiers d'agate, donnaient des lames de fer métallique. Malheureusement cette grêle était tombée dans une ville où toutes les maisons sont recouvertes de toits en fer, et je ne mentionne ce fait que pour engager d'autres observateurs à renouveler ces observations dans des conditions plus favorables. Je suis personnellement convaincu que la grêle s'était condensée autour de grains minimes d'une origine cosmique flottant dans l'air, et que ce fer était de la même origine que le fer trouvé dans la neige par moi, à Stockholm et par mon frère en Finlande; mais il y a toujours une grande différence entre une conviction personnelle et une conviction scientifique; je regarde cependant comme prouvée par toutes ces observations l'existence d'une poussière cosmique tombant imperceptiblement et continuellement, fait d'une importance immense non-seulement pour la physique du globe, mais encore pour la Géologie et les questions pratiques, par exemple pour l'agriculture, à raison du phosphore (2).

» Vous savez déjà que mon projet de pénétrer des Sept-Iles (80° 40′) jusqu'à une latitude très-élevée, avec des traîneaux, a échoué, non à cause de la faiblesse de la glace, comme une erreur télégraphique l'a fait croire, mais à cause de la quantité de *Hummocks* qui s'étaient amassés autour de ces îles et qui formaient un terrain solide, mais impraticable, même pour les piétons. Je suis pourtant convaincu, à présent plus que jamais, que le seul moyen de pénétrer jusqu'aux régions inconnues des environs du pôle est, si l'on ne veut pas en venir aux ballons, de faire des *sledge-journey's* sur la glace, et que la mer libre ou navigable dans cette partie du globe est une pure fiction. Je vais prouver la fermeté de ma conviction en renouvelant l'essai de donner une solution définitive à ces intéressantes questions par une nouvelle expédition au printemps de 1875.

» Cette fois la continuation de notre route dans la direction septentrionale aurait été sans but : aussi me suis-je décidé à employer le reste du printemps et le commencement de l'été pour faire un tour autour du Nord-Ostland et une excursion dans l'intérieur de ce

---

(1) *Comptes rendus*, t. LXXVII, p. 187 et 461.

(2) On trouve quelquefois cette poussière accumulée en assez grande quantité par les torrents glaciaires. Une odeur très-désagréable qui caractérisait cette poussière annonçait qu'elle contenait une substance organique sujette à la fermentation, et, chose très-curieuse, cette substance organique donne avec l'ammoniaque la même solution brun foncé que la matière charbonneuse que laisse le fer d'Ovifak après sa solution dans l'acide nitrique; elle prête aussi la même résistance aux liquides oxydants les plus énergiques.

pays, qui, comme l'intérieur du Groënland, consiste en un immense glacier ou plutôt en une immense mer de glace, dont la surface est de 600 à 1000 mètres au-dessus du niveau de la mer. Comme les glaciers de la Suisse, ce glacier est partout interrompu par de larges crevasses, d'une profondeur excessive et d'autant plus dangereuses qu'elles étaient alors complétement cachées par un pont fragile de neige nouvellement tombée.

» Du reste des orages de neige continuels et d'épais brouillards causant les illusions d'optique les plus inattendues empêchaient de discerner une faible ondulation de terrain d'un grand précipice, et je suis encore étonné d'être revenu, avec M. Palander et mes neuf matelots, sans avoir eu à déplorer la perte d'un seul homme, ou bien quelque autre conséquence sérieuse des mille accidents arrivés pendant notre séjour d'une quinzaine de jours dans cette région du monde, la plus inhospitalière que je connaisse. Nos fatigues étaient naturellement récompensées par l'occasion de faire beaucoup d'observations sur la formation glaciaire, maintenant reléguée aux régions polaires, mais qui a recouvert toute l'Europe à une époque peu éloignée. J'ai même eu l'occasion de faire une observation assez intéressante pour la Minéralogie : j'ai trouvé que la transformation de la neige en glace passe par un état intermédiaire où la couche de neige est transformée en une couche de cristaux de glace formant des tables hexagonales montrant ∞p. et $o\ p$, rarement des surfaces de pyramides ; les cristaux sont souvent assez grands (diamètre 12 millimètres, épaisseur 3 millimètres), tout à fait transparents et ressemblant aux cristaux d'apatite incolore. Une coupe de la surface du glacier inférieur donne les couches suivantes :

» (*a*) Une couche de neige d'une épaisseur variable consistant en grains très-petits détachés, arrondis par le frottement des uns contre les autres et emportés par le moindre coup de vent, de la même manière que le sable du Sahara, (*b*) une couche plus solide consistant encore en petits grains ronds, plus bas transformés en (*c*) une couche consistant presque exclusivement en cristaux; dans la partie inférieure de cette couche, les cristaux s'arrondissent de plus en plus et se transforment peu à peu en (*d*) une couche de grains ronds, grands comme de petits pois. La véritable glace est formée par la compression de ces grains. Dans sa partie supérieure, elle est très-poreuse, mais plus bas elle devient de plus en plus solide; pourtant elle contient toujours de petites cavités remplies d'air condensé par la pression de la glace superposée et causant le craquement que l'on observe quand cette glace se fond.

» L'excursion au nord et au nord-est dura du 25 mai au 27 juin. Pendant le reste de l'été, nous nous occupâmes de recherches géologiques, botaniques et zoologiques, de draguages à de grandes profondeurs dans la mer, au nord du Spitzberg, si riche en Invertébrés.

» Je revisitai entre autres l'Isfjord et Bell-Sound, et je fus assez heureux pour rapporter de ces derniers fjords, les plus intéressants, sous le rapport géologique, de tous ceux de la région polaire, plusieurs riches échantillons de plantes fossiles provenant de plusieurs formations différentes, dont trois nouvelles pour les régions arctiques, savoir : les environs de Recherche-Bay à Bell-Sound, qui forment un véritable herbier fossile; le Cap-Lyell et le Scott-Glacier, où se trouvent des plantes miocènes; et l'embouchure d'un petit fleuve nommé par moi Robert-River, d'après le géologue de l'expédition arctique française qui visita ces parages en 1838, avec des plantes annonçant le terrain houiller. Toutes ces plantes fossiles ont été envoyées, pour être examinées et décrites, à M. Oswald Heer, de Zu-

rich, qui m'a envoyé un aperçu préliminaire de beaucoup d'intérêt. Nous avons à présent assez de matériaux pour nous donner une idée de la végétation et du climat arctique pendant les périodes suivantes :

» 1° Age intermédiaire entre les formations dévoniennes et houillères, contenant des Lépidodendrons, des Calamites, des Stigmaria des mêmes espèces et souvent même des mêmes variétés que ceux des formations correspondantes de l'Europe (Beeren-Eiland, Claesbillen, Bay et Bell-Sound).

» 2° Age houiller moyen, séparé du premier par d'immenses dépôts calcaires et siliceux, souvent presque exclusivement formés de grands Brachyopodes *spirifer, productus*, etc. J'ai réussi à trouver l'été dernier des plantes fossiles de cette importante formation à Robert-River, Recherche-Bay.

» 3° *Age jurassique.* — Une couche de houille appartenant à cette formation se trouve à Cap Boheman-Isfjord. On y trouve aussi des impressions des mêmes Cycadées et des mêmes Fougères qui caractérisent les couches de l'âge jurassique en Europe, ce qui montre qu'il n'y avait pas encore alors de différence prononcée de climat.

» 4° Craie inférieure (urgonienne). Groënland, 1870.

» 5° Craie moyenne. Isfjord, 1872-1873.

» 6° Craie supérieure. Groënland, 1870.

» M. Heer a déjà terminé sur les plantes crétacées un grand ouvrage qui sera bientôt publié dans la publication de l'Académie des Sciences de Stockholm.

» Les collections du Groënland sont surtout riches en espèces de la craie inférieure, en Fougères en Cycadées et en conifères, annonçant le même climat chaud, que la végétation de cette formation en Europe. Selon M. Heer, une différence de climat n'existait pas encore alors, et l'on trouve même dans la craie supérieure des plantes (par exemple des *Ficus*) annonçant un climat plus chaud que le climat miocène des régions arctiques.

7° *Age miocène.* — Pendant la dernière expédition, j'ai trouvé pour des plantes fossiles de cet âge trois nouvelles localités que je marquerai sur la nouvelle carte des noms de Cap Heer, à Isfjord, de Cap Lyell et de Scott-Glacier, à Recherche-Bay. On trouve surtout à ces deux derniers endroits des tiges et des feuilles extrêmement bien conservées de *Sequoia* et *Taxodium disthicum*, de *Glyptostrobus*, de *Quercus*, de *Populus*, de *Sorbus*, d'*Acer*, de *Tilia*, d'*Alnus*, de *Platanus*, de *Betula*, de *Cornus*, de *Carpinus*, d'*Ulmus*, de *Grewia*, etc., donnant une flore tertiaire beaucoup plus riche en espèces connues que la flore actuelle de ces régions maintenant si désertes et si glacées. »

M. E. Fremy fait hommage à l'Académie d'une brochure qu'il vient de publier et qui a pour titre « Le métal à canon ».

M. le Secrétaire perpétuel, chargé de transmettre à M. Regnault l'expression des vœux de ses Confrères pour le rétablissement de sa santé, avait rempli sa mission avec empressement. Il a aujourd'hui la satisfaction d'annoncer à l'Académie le retour à Paris de l'illustre physicien. Ce retour s'est effectué sans fatigue, grâce à la sollicitude de M. Jacqmin,

directeur de la Compagnie de l'Est, qui a mis spontanément à la disposition de M. Regnault un wagon exceptionnel de malade.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Membre qui remplira, dans la Section d'Anatomie et Zoologie, la place laissée vacante par le décès de M. *Coste*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 58,

M. P. Gervais obtient. . . . . 33 suffrages.
M. Alph.-Milne Edwards . . . . 24 »
M. C. Dareste. . . . . 1 »

M. **P. Gervais**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu. Sa nomination sera soumise à l'approbation du Président de la République.

RAPPORTS.

BOTANIQUE. — *Instructions pour le voyage en Tunisie de M. Doûmet-Adanson;* par M. E. **Cosson**.

« L'Académie m'ayant fait l'honneur de m'adjoindre à la Commission chargée de donner à mon excellent ami M. Doûmet-Adanson des instructions pour son voyage en Tunisie, je me suis fait un devoir de résumer dans cette Note les indications qui m'ont paru être les plus utiles pour guider dans ses recherches botaniques cet explorateur dont le zèle égale le dévouement à la science.

» Je crois devoir d'abord donner l'exposé succinct des explorations botaniques faites en Tunisie (1), exposé qui permettra au voyageur de mieux juger de l'intérêt que présentent les diverses localités qu'il doit visiter.

» Desfontaines, membre de l'Académie des Sciences, professeur de bo-

---

(1) Cet exposé est emprunté à la *Notice* publiée dans la *Flore d'Algérie* sur les voyages et les explorations des botanistes qui ont le plus contribué à faire connaître la Flore de l'Algérie et celle des deux États voisins, Tunis et Maroc (E. Cosson et Durieu de Maisonneuve, *Flore d'Algérie, Phanérogamie, groupe des Glumacées;* 1854-1867).

tanique au Muséum d'histoire naturelle de Paris, a, avec l'appui de l'Académie des Sciences, consacré plus de deux ans (du mois d'août 1873 au commencement de 1786) à l'exploration des Régences de Tunis et d'Alger. Après avoir débarqué à Tunis, il visita les environs de cette ville jusqu'au 22 décembre. A cette date, profitant du départ de la colonne qui, sous le commandement du bey, se rendait dans le Belad-el-Djerid pour la perception annuelle des impôts, il gagna Gafsa, Tozzer et Nefta, en passant par Kairouan. Vers la fin de février, il revint avec la colonne expéditionnaire à Gafsa, et de là, en passant par les ruines de Sfaïtla et de Sbiba et par la ville d'El-Ktef, à Tunis, où il était de retour dans les premiers jours d'avril. De Tunis, après plusieurs excursions dans les environs, entre autres à Zaghouan, il se rendit en avril 1784 en Algérie, où il resta jusqu'au mois de juillet de la même année. Revenu à Tunis et presque dès son retour, il gagna de nouveau le sud de la Régence, en suivant la mer jusqu'à Sfax et passant par Hammam-el-If, Herkla, Sousa, Monastir, El-Mahadieh et El-Djem (1).

» Vahl, botaniste danois, un des élèves les plus distingués de Linné, entreprit en 1783 un voyage botanique, aux frais du roi de Danemark, dans le nord de la Régence de Tunis, à l'époque même où s'y trouvait Desfontaines. Son herbier, conservé à Copenhague, renferme les plantes recueillies par lui; mais malheureusement les étiquettes ne portent guère d'autres indications d'origine que « *legi in regno Tunetano* ». Les indications de localités sont quelquefois plus précises dans l'ouvrage de Vahl (*Symbolæ botanicæ;* 1790-1794); mais cet ouvrage ne donne l'indication que d'une partie des plantes qu'il a observées dans son voyage.

» M. Pellissier, pendant qu'il était vice-consul de France à Sousa, a exploré la Régence surtout au point de vue géographique et archéologique; il a cependant recueilli un certain nombre de plantes à Sousa, et on lui doit la constatation de l'existence d'un *Acacia* gommifère à Talha, près Gafsa; il a, en 1853, publié la *Description de la Régence de Tunis* (1 vol. avec une carte).

» M. L. Kralik est certainement de tous les explorateurs de la Tunisie celui qui a réuni les documents les plus riches sur la flore de ce pays, où il reste encore à faire tant de découvertes et de constatations importantes au point de vue de la géographie botanique. En 1854, il n'a pas recueilli moins de mille espèces dans son voyage qui a duré près de six mois. La série de ses

(1) *Voir* le tome II de l'ouvrage publié par Dureau de la Malle : PEYSSONEL et DESFONTAINES, *Voyages dans les Régences de Tunis et d'Alger*; 1838.

courses en Tunisie a compris le trajet par terre de Tunis à Sousa et de là à Sfax, le trajet par mer de Sfax à Gabès, un séjour à Gabès, du commencement de mars à la fin de mai, utilisé pour de nombreuses courses aux environs de l'oasis et sur le territoire des Beni-Zid, le trajet par mer de Gabès à Nadour (tour aujourd'hui en ruines), le trajet par terre de Nadour à Sfax, une excursion à l'île de Djerba (l'ancienne *Lotophagorum insula*), un séjour d'un mois à Zaghouan et quelques promenades rapides aux environs de Tunis et aux ruines de Carthage.

» M. Espina, vicé-consul de France, en 1854, à Sfax, a recueilli une importante série des plantes qui croissent aux environs de cette ville, et, dans une excursion aux îles Kerkenna, il a réuni d'intéressants documents sur la flore de ces îles.

» M. le Dr A. Lagrange, qui a exécuté plusieurs voyages dans diverses contrées du bassin méditerranéen, a fait, en 1864, plusieurs herborisations aux environs de Tunis; mais malheureusement il s'est borné à recueillir les plantes les plus caractéristiques, négligeant, comme la plupart des autres explorateurs, les espèces vulgaires, souvent aussi importantes pour la géographie botanique.

» M. H. Duveyrier, dont les consciencieuses explorations dans le Sahara ont si puissamment contribué au progrès des connaissances géographiques sur cette vaste région, a débuté en 1859 dans la carrière périlleuse des voyages par de longues pérégrinations dans le sud des provinces de Constantine et d'Alger et dans la partie la plus méridionale de la Régence de Tunis, où de Nefta il s'est rendu à Gabès; il est très-regrettable que les difficultés qu'il a rencontrées de la part des indigènes ne lui aient permis de recueillir qu'un bien petit nombre d'échantillons de plantes.

» Il est facile de voir, par ce rapide exposé des explorations botaniques en Tunisie, qu'il reste encore beaucoup à faire pour la flore de ce pays où, à part Gabès et Sfax, aucune localité du littoral n'a été l'objet de recherches suivies ou exécutées en saison convenable; M. Doûmet-Adanson y est donc appelé à enrichir la science de nombreux et importants documents. Les seules localités de l'intérieur, dans le sud de la Régence, sur lesquelles on ait des données suffisantes pour juger des caractères généraux de la végétation, sont Gafsa, Tozzer et Nefta, oasis situées au voisinage des grands chotts. Les seules localités de l'intérieur, dans la partie moyenne et dans la partie septentrionale de la Régence, qui aient été visitées par les botanistes n'ont été, pour ainsi dire, que traversées ou vues à des saisons défavorables. La côte orientale est plus connue, mais

son exploration offre encore bien des lacunes, et tout le pays au sud de Gabès est complétement inexploré au point de vue botanique.

» L'itinéraire que se propose de suivre M. Doûmet-Adanson, qui doit de Tunis se diriger vers le sud de la Régence, puis revenir à Tunis, en suivant à peu près la même route et en se guidant pour la durée de ses séjours sur l'état de la végétation, ne peut être qu'approuvé, car il permettra au voyageur de recueillir aux localités visitées deux fois par lui des documents bien plus complets que ceux réunis par ses prédécesseurs. Il y aura lieu d'insister spécialement sur les recherches à faire aux environs de Tunis et des ruines de Carthage jusqu'à environ 30 kilomètres au sud et à l'ouest; car une des lacunes les plus regrettables est certainement l'insuffisance actuelle des connaissances sur la flore des environs de Tunis, pour laquelle on est réduit à quelques espèces observées par Vahl, Desfontaines, M. L. Kralik et M. le Dr A. Lagrange. La flore de Tunis, bien que devant offrir de nombreuses analogies avec les localités algériennes voisines, la Calle et Bône, ne peut manquer cependant de présenter des caractères propres très-dignes d'intérêt. Il sera aussi très-important de séjourner à deux époques différentes sur quelques points de la côte, des plaines et des montagnes de l'intérieur, non explorés ou imparfaitement connus, pour y recueillir autant que possible des échantillons de toutes les espèces qui y croissent. M. Doûmet-Adanson trouvera d'utiles indications dans le catalogue complet de toutes les espèces observées jusqu'ici en Tunisie, que je me ferai un plaisir de lui communiquer, et dans lequel il trouvera consignées toutes les données du *Flora Atlantica* de Desfontaines, des *Symbolæ* de Vahl et du *Sertulum Tunetanum* de MM. E. Cosson et L. Kralik (1).

» Je ne puis que reproduire pour M. Doûmet-Adanson les termes mêmes dans lesquels M. Decaisne (2) appelait l'attention d'un autre voyageur sur une « question qui, depuis longtemps, occupe les savants, celle qui se rattache au *Lotus* des Lotophages; plusieurs naturalistes, et Desfontaines dans un Mémoire spécial, ont cru pouvoir rapporter le *Lotus* à une espèce particulière de Jujubier. Les fruits de *Lotus*, produits par un abrisseau épineux, auraient, suivant les traditions plus ou moins fabuleuses, la propriété de faire perdre la mémoire ou d'enivrer. Les Jujubiers, les *Elæagnus*, parmi lesquels on a cru reconnaître la plante des anciens, sont

(1) E. Cosson et L. Kralik, *Sertulum Tunetanum*. (Extrait du *Bulletin de la Société botanique de France*; 1857.)

(2) Decaisne, *Instructions destinées à M. le colonel Ducouret*. (*Comptes rendus*; 1849.)

» en effet des arbrisseaux épineux, mais leurs fruits mucilagineux et dou-
» ceâtres se mangent impunément. Tout récemment, M. Pellissier a ren-
» contré, dans le désert de Sousa, un arbrisseau épineux, dont les fruits
» enivrent et que les Arabes nomment *Damouk*. Nous signalons cet ar-
» buste aux recherches du voyageur. »

» Une question botanique non moins importante est la détermination de l'espèce à laquelle appartient l'*Acacia* gommifère constaté, comme il a été dit plus haut, à Thala, près de Gafsa, par M. Pellissier; cette station doit évidemment son nom à la présence même de l'*Acacia* (en arabe les Acacias épineux sont nommés *Teloh*, au pluriel *Thala*). L'arbre est là à sa limite géographique, et il y aurait un grand intérêt à savoir s'il doit être rapporté à l'*A. Arabica*, qui a son centre de végétation dans l'Afrique et l'Asie tropicales, ou à l'*A. gummifera*, que l'on rencontre au Maroc sous une même latitude. Dans le cas où M. Doûmet-Adanson ne pourrait visiter lui-même la station indiquée, il lui serait facile, pendant son séjour dans le sud, d'y envoyer un indigène pour recueillir des rameaux, autant que possible en fleurs et en fruits ou au moins en feuilles, en lui recommandant de ramasser sur le sol les fruits tombés de l'année précédente. Ces échantillons, même dans les conditions que nous venons de prévoir, permettraient de résoudre le problème intéressant qui est signalé à M. Doûmet-Adanson.

» Une des recommandations faites par M. Decaisne (*loc. cit.*) ne doit pas être négligée : « Desfontaines a observé, sur les bords du désert et dans le
» pays des Dattes, plusieurs plantes grasses qu'il a cru pouvoir rapporter
» à des espèces de l'Afrique australe; nous appelons sur ces végétaux l'at-
» tention du voyageur et nous demandons qu'il en envoie des boutures. »

» M. Doûmet-Adanson est invité à ne pas négliger la récolte des oignons des plantes bulbeuses qu'il rencontrera dans son voyage et à les envoyer en France par toutes les occasions qui s'offriront à lui, afin que ces plantes puissent être cultivées et étudiées ensuite dans leurs détails, mieux que l'on ne peut faire sur des échantillons secs, quel que soit le soin apporté à leur préparation.

» L'attention de M. Doûmet-Adanson doit être appelée sur les substances médicinales usitées parmi les Arabes : les échantillons qu'il en rapporterait, avec des notes sur leur usage et l'indication des noms indigènes des plantes qui les produisent, auraient un véritable intérêt. Il en est de même pour les plantes tinctoriales et celles employées dans la tannerie, et l'on ne saurait trop engager M. Doûmet-Adanson à en recueillir des échantillons en fleurs et en fruits. On doit également rappeler à M. Doûmet-Adanson les recom-

mandations suivantes de M. Decaisne (*loc. cit.*) : « Il n'est pas indifférent, » sous un autre point de vue, de connaître les diverses plantes alimen- » taires cultivées dans les contrées que le voyageur se propose de visiter. » Nous demandons, en particulier, les graines des nombreuses variétés de » Courges cultivées par les Maures; ces semences, bien mûres, renfermées » dans des sachets de toile, sur lesquels on inscrira le nom vulgaire et » l'usage, nous parviendront en bon état, car elles conservent pendant » plusieurs années leur faculté germinative. »

» M. Doûmet-Adanson est engagé à noter avec soin les limites géographiques et les limites d'altitude des diverses cultures, telles que celles du Dattier, de l'Olivier, de la Vigne, de l'Amandier, du Figuier, etc., ainsi que ces mêmes limites pour les espèces forestières ou essentiellement caractéristiques.

» Pour la recherche, la récolte et la préparation des échantillons d'herbier, des bois, des fruits et des graines, ainsi que pour toutes les indications générales concernant un voyage botanique, cette Note sommaire trouvera son complément le plus utile dans les Instructions générales rédigées par les professeurs du Muséum (1), et M. Doûmet-Adanson pourra peut-être aussi consulter avec quelque avantage les Instructions sur les voyages botaniques récemment publiées (2). M. Doûmet-Adanson est, du reste, trop versé dans la connaissance des plantes du bassin méditerranéen, et trop habitué aux explorations botaniques pour que l'on puisse mettre en doute le succès scientifique de son voyage, qui est appelé à enrichir la flore du nord de l'Afrique de précieux documents.

» Je prierai, en terminant, mes honorables confrères des Sections de Zoologie, de Botanique et de Minéralogie de transmettre à M. Doûmet-Adanson les instructions qu'ils auraient à lui donner et les *desiderata* qu'ils auraient à lui signaler.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

» M. de Quatrefages invite M. Doûmet-Adanson à rapporter tous les

---

(1) *Instructions pour les voyageurs et pour les employés dans les colonies sur la manière de recueillir, de conserver et d'envoyer les objets d'histoire naturelle*, rédigées par l'Administration du Muséum d'histoire naturelle.

(2) E. Cosson, *Instructions sur les observations et les collections botaniques à faire dans les voyages.* (Extrait du *Bulletin de la Société botanique de France*; 1871.)

crânes d'origine bien déterminée, de tout âge et de tout sexe, qu'il pourra se procurer, et lui signale particulièrement ceux des populations nègres du Sud, qui auraient le plus grand intérêt pour les études anthropologiques. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIQUE. — *Note sur le magnétisme;* par M. J.-M. Gaugain (1).

(Renvoi à la Commission du prix Trémont.)

« 58. J'ai indiqué (n° 39) la distribution du magnétisme dans un électro-aimant formé d'un barreau de fer doux et de deux bobines placées sur chacune des extrémités du barreau. Je crois devoir revenir sur ce sujet, parce que M. Jamin s'en est occupé dans la Communication qu'il a faite à l'Académie le 12 de ce mois, et qu'il me paraît utile de faire connaître la signification que j'attribue aux faits qu'il a signalés. Dans le n° 39, que je viens de rappeler, je me suis uniquement occupé du cas le plus ordinaire, celui où les deux bobines sont parcourues par des courants de même sens; mais la méthode d'observation que j'ai indiquée peut être appliquée à tous les cas possibles, et l'on obtient sans aucune difficulté les courbes de désaimantation qui appartiennent : 1° au cas où le courant ne circule que dans l'une des deux bobines (A); 2° au cas où il ne circule que dans l'autre bobine (B); 3° au cas où il parcourt les deux bobines dans le même sens; 4° enfin au cas où les courants des deux bobines marchent en sens opposés.

» Maintenant, si l'on compare entre elles ces quatre courbes, on trouve que, pour un point quelconque du barreau, l'ordonnée de la troisième est égale, au moins approximativement, à la somme des ordonnées des deux premières, et que la différence de ces mêmes ordonnées reproduit à peu près l'ordonnée de la quatrième courbe. Ainsi, c'est lorsque les courants des deux bobines marchent dans le même sens que leurs actions s'ajoutent l'une à l'autre; ces actions se neutralisent en tout ou partie lorsque les courants ont des directions opposées. Lors donc qu'on mesure le magnétisme au moyen des courants d'induction, les résultats sont parfaitement conformes aux indications de la théorie des solénoïdes. Il me reste à faire voir comment cette théorie peut se concilier avec les phénomènes d'attrac-

(1) Voir *Comptes rendus* des 13 janvier, 30 juin, 8 et 29 septembre, 10 novembre et 22 décembre 1873.

tion constatés par M. Jamin. J'ai précédemment reconnu (n° 36) que l'intensité magnétique, mesurée par la méthode des oscillations, est proportionnelle à la dérivée de la fonction qui représente la loi suivant laquelle varie l'intensité du courant solénoïdal, ce qui revient à dire que l'attraction magnétique correspondant à un point donné du barreau se trouve déterminée par l'inclinaison que présente en ce point la courbe de désaimantation. Or si l'on compare les inclinaisons des quatre courbes dont j'ai parlé tout à l'heure, on trouve que, pour le point milieu du barreau, l'inclinaison de la troisième est nulle et que l'inclinaison de la quatrième est plus grande que l'inclinaison de la première ou de la deuxième. Par conséquent l'attraction magnétique doit être nulle dans le cas des courants de même sens; elle atteint sa plus grande valeur dans le cas des courants opposés : tels sont, en effet, les résultats obtenus par M. Jamin. Comme on le voit, ils ne font que confirmer la théorie des solénoïdes.

» La relation du n° 36, que je viens de rappeler, a été présentée comme un résultat d'expérience; mais il serait facile sans doute de l'établir par le calcul. Si l'on considère un solénoïde indéfini AB, il est clair que l'action attractive exercée en un point M sera la différence des actions exercées par les parties du solénoïde AM, BM. Or cette différence sera d'autant plus grande que l'intensité du courant moléculaire variera suivant une loi plus rapide dans le voisinage du point M; elle sera nulle quand l'intensité du courant moléculaire sera constante dans le voisinage de M, quelle que puisse être d'ailleurs la grandeur absolue de cette intensité.

» 59. Je reviens à l'étude des phénomènes qui dépendent de l'arrachement de l'armature. J'ai fait connaître, dans le n° 53, ce fait, au premier abord assez étrange, que lorsqu'on a aimanté un barreau de fer aussi fortement qu'il est possible de le faire au moyen d'un courant d'intensité déterminée, on peut augmenter son aimantation en employant des courants de même sens et d'intensité moindre. J'ai constaté, depuis ce fait encore plus singulier, que l'aimantation obtenue au moyen d'un courant d'intensité déterminée, peut être renforcée par un courant de sens contraire. Voici dans quelles conditions j'obtiens ce résultat : je fais passer un courant d'intensité $+I$ dans les bobines d'un électro-aimant muni de son armature, j'interromps ce courant sans détacher l'armature, je fais passer un courant de sens contraire et d'intensité moindre $-i$, j'interromps ce courant, j'arrache l'armature, enfin je l'applique et je l'arrache de nouveau un nombre de fois suffisant pour amener le magnétisme à l'état *constant*. A la suite de ces opérations, je trouve que l'aimantation persistante du barreau est beaucoup

plus forte que si le courant $+ I$ eût circulé seul dans les bobines de l'électro-aimant; il en est ainsi du moins quand l'intensité i a été convenablement choisie. Pour obtenir l'aimantation la plus forte possible, il faut que les deux courants $+ I$ et $- i$ se dissimulent d'une manière à peu près complète. Ce résultat me paraît devoir s'expliquer de la même manière que celui du n° 53. Le nombre des molécules qui possèdent l'orientation positive est beaucoup moindre après le passage du courant $- i$ qu'auparavant, mais lorsqu'on vient à arracher l'armature, ces molécules conservent, pour la plupart, leur orientation, parce que l'armature n'est que très-faiblement retenue et que son arrachement ne produit qu'un ébranlement très-léger. Quand, au contraire, le courant $+ I$ a circulé seul, l'ébranlement causé par l'arrachement de l'armature est violent, et il n'y a qu'un petit nombre de molécules qui puissent le supporter sans perdre leur orientation magnétique. On conçoit ainsi que le passage successif des deux courants $+ I$ et $- i$ puisse donner une aimantation positive plus forte que celle qui est obtenue au moyen du courant $+ I$ seul.

» 60. D'après ce qui a été dit n° 52, il est clair qu'on peut trouver deux intensités I et i telles que le magnétisme constant développé par le courant le plus faible i, à la suite de vingt séries d'opérations, soit égal au magnétisme obtenu sous l'influence du courant le plus fort I après une série d'opérations unique; mais, bien que le barreau de fer aimanté de l'une ou de l'autre manière, donne les mêmes courants d'induction, son état magnétique n'est pas tout à fait le même dans les deux cas. Pour détruire complétement le magnétisme développé par le courant $+ i$, il suffit de faire passer une seule fois un courant égal et de sens contraire $- i$, tandis que le magnétisme développé par le courant $+ I$ n'est détruit qu'en partie par le courant $- i$. Sans doute, le nombre des molécules orientées de manière à devenir magnétiques est le même dans les deux cas, mais l'épaisseur de l'espace annulaire dans lequel ces molécules se trouvent situées est plus grande lorsque l'aimantation a été obtenue au moyen du courant I que lorsqu'elle a été obtenue au moyen du courant i. En répétant les opérations qui produisent l'aimantation, on amène un plus grand nombre de molécules à l'orientation magnétique, mais on ne fait pas varier l'étendue de la zone qu'elles occupent. On ne la fait pas varier non plus lorsqu'on augmente l'aimantation par l'un des deux moyens indiqués dans les n°s 53 et 54. Je m'en suis assuré en suivant la même marche que dans le cas dont je viens de parler, celui où l'accroissement du magnétisme résulte de la répétition des opérations.

» 61. J'ai admis, avec M. Jamin, que l'épaisseur de la couche superficielle dans laquelle réside le magnétisme est d'autant plus grande que le courant dont on se sert pour développer l'aimantation est plus intense. Lorsqu'on admet cette hypothèse, on est naturellement conduit à se demander si la seule différence qui existe entre les aimantations produites par deux courants d'intensités différentes I et i, consiste dans les épaisseurs des couches magnétiques E et e qui leur correspondent. *A priori* il paraît naturel de penser que le courant le plus intense I n'agit pas seulement à une plus grande profondeur, mais qu'il agit aussi plus énergiquement, même dans l'épaisseur e de la zone accessible à l'action de l'un et de l'autre courant; en d'autres termes, il paraît probable que le nombre des molécules orientées magnétiquement, qui se trouvent dans cette couche e, est plus grand après le passage du courant I qu'après celui du courant i. Il serait sans doute très-difficile de s'assurer expérimentalement s'il en est ainsi pendant le passage du courant inducteur; mais la question devient plus aisément abordable lorsqu'on se borne à considérer le magnétisme rémanent. J'ai fait observer, dans le nº 51, qu'il y a plusieurs sortes de magnétisme rémanent, et jusqu'à présent je ne me suis occupé que de celui auquel j'ai donné le nom de *magnétisme constant*. Dans la série de recherches dont je vais parler, j'ai considéré le magnétisme rémanent, qu'un barreau en forme de fer à cheval conserve après l'interruption du courant inducteur, avant l'arrachement de l'armature, et voici la marche que j'ai suivie.

» Pour chaque groupe de valeurs données aux intensités I et i, je fais trois expériences : 1º l'armature étant appliquée, je fais passer le courant + I dans les bobines de l'électro-aimant, je l'interromps, j'arrache l'armature et je détermine la valeur m du courant d'induction qui résulte de cet arrachement; 2º l'armature étant appliquée, je fais passer le courant + I, je l'interromps, et, sans arracher l'armature, je fais passer le courant $-i$, je l'interromps à son tour, j'arrache l'armature, et je prends la valeur m' du courant d'induction résultant de cet arrachement; 3º enfin, l'armature étant appliquée, je fais passer le courant + I, je l'interromps, et, sans déplacer l'armature, je fais passer successivement les courants $-i$ et $+i$; après avoir interrompu le dernier de ces courants, j'arrache l'armature et je détermine la valeur m'' du courant d'induction qui résulte de cet arrachement. »

PHYSIOLOGIE. — *Nouvelles recherches sur la réunion bout à bout des fibres nerveuses sensitives avec des fibres nerveuses motrices.* Note de M. A. VULPIAN, présentée par M. Claude Bernard.

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

« Nous avons, M. Philipeaux et moi, présenté à l'Académie des Sciences, le 5 janvier 1863, les résultats de recherches que nous avions entreprises sur la réunion bout à bout des fibres nerveuses sensitives avec des fibres nerveuses motrices. Voici quel était le but de ces expériences On savait que les fibres nerveuses des nerfs sensitifs et les fibres nerveuses des nerfs moteurs ont une structure identique. Les divers éléments qui constituent une fibre nerveuse motrice, c'est-à-dire le cylindre-axe, la gaîne de myéline, la gaîne de Schwann, se retrouvent dans les fibres sensitives, avec les mêmes caractères histologiques. Il s'agissait de savoir si ces fibres, anatomiquement semblables, sont semblables aussi sous le rapport des propriétés physiologiques. Les unes conduisent, il est vrai, dans l'état normal, les incitations motrices des centres nerveux aux muscles qui doivent entrer en action; les autres transmettent, de la périphérie au centre nerveux, les impressions reçues par les divers organes qu'elles innervent. Mais cette différence de fonction implique-t-elle une différence de propriété physiologique intrinsèque? Telle est l'importante question de physiologie générale que nous voulions élucider.

» Il nous avait semblé que l'on jugerait bien du degré de similitude des propriétés physiologiques dans les deux ordres de fibres, en unissant le bout périphérique d'un nerf moteur au bout central d'un nerf sensitif, et en examinant si les excitations mécaniques portant sur le nerf sensitif peuvent se propager, au travers de la soudure, jusqu'aux fibres du nerf moteur, pour provoquer, par leur intermédiaire, des contractions des muscles auxquels se rendent ces fibres. Pour cela, après avoir coupé le nerf hypoglosse et le nerf lingual, et après avoir arraché le bout central du premier et excisé un long tronçon du bout périphérique du second, nous avions réuni l'un à l'autre, par un point de suture, les deux segments laissés intacts, c'est-à-dire le segment central du nerf lingual et le segment périphérique du nerf hypoglosse.

» Trois à quatre mois après l'opération, non-seulement la soudure s'était faite, mais encore le bout périphérique du nerf hypoglosse, qui s'était d'abord altéré dans toute sa longueur, avait pu se régénérer et recouvrer en

grande partie sa structure normale. Si l'on mettait alors à découvert le bout central du nerf lingual, et si on le pressait entre les mors d'une pince anatomique, après l'avoir préalablement séparé de l'encéphale, par une section transversale, on voyait se produire des mouvements très-considérables de la moitié correspondante de la langue.

» Ces expériences nous avaient conduits à conclure que la propriété physiologique des fibres nerveuses de fonctions différentes ne doit pas être essentiellement dissemblable dans les unes et dans les autres, puisque l'ébranlement particulier, produit par un excitant mécanique dans les fibres sensitives, peut se propager sans difficulté à des fibres motrices unies bout à bout avec celles-ci.

» Les recherches que j'ai faites récemment sur la corde du tympan, et dont j'ai communiqué les résultats à l'Académie des Sciences au commencement de l'année dernière, m'ont inspiré des doutes sur la valeur réelle de ces expériences.

» J'avais constaté, plus nettement qu'on ne l'avait fait auparavant, qu'une des branches de la corde du tympan accompagne le nerf lingual dans sa distribution à la langue. Le nerf lingual, par conséquent, contient, dans tout son parcours, des fibres anastomotiques provenant, par la corde du tympan, d'un nerf moteur, le facial. Partant de cette donnée, je m'étais demandé d'abord quel rôle il fallait attribuer à cette anastomose, dans la modification physiologique subie par le nerf lingual, lorsqu'on a coupé en travers le nerf hypoglosse du même côté. (Nous avions prouvé, M. Philipeaux et moi, que, dans ces conditions, le nerf lingual acquiert, en quelques jours, une action motrice sur la langue, action qu'il ne possède pas dans l'état normal.) J'ai constaté et annoncé à l'Académie que cette modification est entièrement due à l'anastomose dont il s'agit.

» Une fois ce premier fait reconnu, il m'a paru nécessaire de soumettre à une investigation du même genre notre expérience relative à la soudure du nerf lingual au nerf hypoglosse. Puisque le nerf lingual, dans le point où on l'unit au bout périphérique du nerf hypoglosse, n'est pas, comme nous l'avions cru, un nerf exclusivement sensitif, puisqu'il contient des fibres provenant du nerf facial par l'intermédiaire de la corde du tympan, il était indispensable d'examiner si les excitations faites sur le bout central du lingual, lorsque le segment périphérique du nerf hypoglosse est régénéré, sont transmises à ce segment par les fibres sensitives du nerf lingual, ou par les fibres anastomotiques de la corde tympanique.

» J'ai fait sur des chiens un assez grand nombre d'expériences pour

mener cette recherche à bonne fin. Six animaux seulement ont survécu pendant un temps assez long pour que l'on pût les soumettre à un examen fructueux. Voici comment l'expérience a été faite sur tous ces animaux. On unissait le bout central du nerf lingual au bout périphérique du nerf hypoglosse, à l'aide d'un point de suture, après avoir arraché le segment central de ce dernier nerf et excisé un long tronçon du segment périphérique du lingual. Trois ou quatre mois après l'opération, on coupait la corde du tympan, du côté opéré, dans la caisse tympanique; puis, dix à douze jours après cette section, on mettait à nu le bout central du nerf lingual de ce côté. On le coupait en travers, le plus haut possible, et l'on irritait avec des excitants électriques ou mécaniques, la partie de ce nerf en rapport avec le nerf hypoglosse. On ne voyait pas la moindre contraction se produire dans la moitié correspondante de la langue sous l'influence de ces excitations, et cependant on constatait que la réunion était bien faite et que le bout périphérique du nerf hypoglosse était régénéré.

» Sur le dernier chien mis en expérience on avait réuni les nerfs des deux côtés. L'opération avait été pratiquée du côté gauche le 30 août 1873, et du côté droit le 27 septembre. Le 7 janvier 1874, on coupe la corde dans la caisse tympanique, du côté gauche. Le 17 janvier, on met à découvert le bout central des deux nerfs linguaux. On ne provoque aucun mouvement dans la moitié gauche de la langue, lorsqu'on électrise, avec de forts courants interrompus, le bout central du nerf lingual gauche. L'électrisation ou la pression du nerf lingual droit entre les mors d'une pince anatomique détermine, au contraire, des contractions très-nettes dans la moitié droite de la langue.

» On s'est assuré, après cet examen, que la soudure était bien faite des deux côtés et que la corde du tympan du côté gauche avait été coupée. Ce filet nerveux était entièrement altéré, et l'on retrouvait facilement, à l'aide du microscope, ses fibres en voie d'atrophie, dans le bout central du nerf lingual, jusqu'à l'endroit de la réunion de ce nerf avec l'hypoglosse.

» Quant au bout périphérique du nerf hypoglosse, il était régénéré des deux côtés. Je n'ai pas pu trouver de fibres récemment altérées dans celui du côté gauche ; mais il est bien probable qu'une recherche plus attentive eût fait découvrir des fibres offrant les caractères de la première période de l'altération déterminée par la section des nerfs. Il est vraisemblable, en effet, que quelques-unes des fibres du bout périphérique du nerf hypoglosse devaient être en relation avec celles de la corde du tympan et qu'elles ont dû s'altérer comme celles-ci. Ce qui semble prouver qu'il en était ainsi, c'est

que, du côté gauche, le bout périphérique du nerf hypoglosse avait perdu toute action sur les muscles linguaux, tandis que, du côté droit, les excitants électriques ou mécaniques appliqués sur le bout périphérique de l'hypoglosse provoquaient des contractions de la moitié correspondante de la langue.

» Il semblerait résulter de ces dernières observations que la plupart des fibres qui se régénèrent dans le segment périphérique du nerf hypoglosse, lorsque ce nerf est soudé au lingual, ne possèdent, du moins pendant un certain temps, aucune action sur les muscles de la langue, et que, si l'on détermine des mouvements de cet organe en électrisant ce segment nerveux, l'excitation n'est conduite aux muscles que par un petit nombre de fibres, c'est-à-dire par celles qui sont en relation avec les fibres du rameau anastomotique donné au lingual par la corde du tympan. Il faut admettre, par suite, ou bien que le plus grand nombre des fibres régénérées du bout périphérique du nerf hypoglosse ne reprennent pas immédiatement leurs relations normales avec les faisceaux musculaires primitifs de la langue, ou bien que ces fibres régénérées ne sont, dans leurs parties essentielles, que des prolongements des fibres du bout central du nerf lingual, et que, comme telles, elles sont dépourvues de toute aptitude à faire entrer les muscles linguaux en contraction.

» En tout cas, les faits expérimentaux dont je viens de dire quelques mots montrent clairement que les expériences de réunion bout à bout du nerf lingual et du nerf hypoglosse ne sauraient plus être invoquées comme prouvant que des excitations électriques ou mécaniques portant sur des fibres sensitives peuvent se transmettre librement à des fibres motrices. Nos anciennes expériences étaient exactes; mais l'interprétation que nous en avions donnée, et qui avait été adoptée par la plupart des physiologistes, était erronée. Les notions nouvelles que nous avons acquises sur la physiologie de la corde du tympan pouvaient seules faire reconnaître l'erreur.

» Les résultats de nos expériences actuelles ne peuvent pas d'ailleurs être considérés comme une réfutation péremptoire de l'opinion des physiologistes qui admettent que les fibres sensitives, motrices, sympathiques, ont la même propriété physiologique intrinsèque, la névrilité, propriété dont la mise en activité donne lieu à des effets fonctionnels différents, suivant les connexions centrales et périphériques des fibres nerveuses dans lesquelles elle entre en jeu.

» La question de l'identité de la propriété physiologique de toutes les fibres nerveuses reste donc en litige, et il est difficile de prévoir de quelle façon et dans quel sens elle sera résolue. »

BOTANIQUE. — *Organogénie comparée de l'androcée, dans ses rapports avec les affinités naturelles (classe des Polygonoïdées et des Cactoïdes)*; par M. **Ad. Chatin**.

(Renvoi à la Section de Botanique.)

« I. L'androgénie révèle dans les Polygonoïdées, plantes comprises à tort par Lindley, malgré leur ovule orthotrope, dans son alliance (classe) des *Silenales* (Caryophyllinées), un type floral des plus dignes de fixer l'attention, non-seulement en lui-même, mais aussi par les divergences et les analogies, tant prochaines qu'éloignées, qu'il révèle.

» Le *Rheum* offre un périanthe à six divisions, dont les trois plus intérieures, alternes aux autres, ont l'apparence de brillants pétales dans l'*Atraphaxis* et les fleurs femelles du *Ceratogonum*. Comme on l'observe le plus souvent pour les éléments des corolles, les trois parties du verticille interne du *Rheum* naissent à la fois, tandis que les trois écailles externes naissent successivement, attribut des calices. L'organogénie, comme les rapports de position, comme la morphologie dans l'*Atraphaxis*, etc., indique donc que, des six écailles formant le périanthe du *Rheum*, les trois externes sont un calice, les trois internes une corolle. Les étamines du *Rheum*, au nombre de neuf, apparaissent en deux fois et sur deux verticilles dont l'un, plus extérieur et premier-né, se compose de trois couples d'étamines superposées aux sépales, l'autre verticille étant formé de trois étamines solitaires et placées chacune devant l'un des pétales. J'ajoute que les carpelles, au nombre de trois, alternent avec les étamines dernières-nées ou oppositipétales; c'est donc, moins les étamines externes qui sont ici disposées par couple, au lieu de se présenter solitaires, le type floral des Joncs et du plus grand nombre des Monocotylédones.

» Le *Triplaris* ne diffère pas du *Rheum*. On peut en dire autant des *Chorizanthe*, *Eriogonum*, *Mucronea* (observés seulement sur le sec), chez lesquelles on voit nettement, surtout dans les jeunes boutons, trois couples d'étamines disposées sur un cercle plus extérieur que celui passant par les étamines isolées.

» Le *Rumex* a les enveloppes florales du *Rheum*, mais son androcée est réduit aux trois couples d'étamines opposés aux sépales, le verticille, qui

devrait se superposer aux pétales, étant atteint d'avortement congénital; l'androcée du *Podopterus* m'a paru ne pas différer de celui du *Rumex*.

» L'*Oxyria* et l'*Atraphaxis*, qui ont la fleur dimère, portent chacun deux couples d'étamines placés respectivement devant les sépales; comme le *Rumex*, ils ne produisent pas de verticille staminal oppositipétale.

» On dit le *Polygonum* pourvu d'un calice à cinq sépales, et privé de pétales; mais comme, de plus que le *Rheum* et le *Rumex*, ce genre porte une bractée stérile au-dessous du calice, on peut, en supposant cette bractée remontée contre le périanthe et en faisant partie, considérer que les six pièces de ce périanthe répondent : les trois extérieures au calice, les trois internes à la corolle du *Rumex*. M. Payer a émis cette vue, qui me paraît appuyée par la structure suivante du *Ceratogonum* : fleurs mâles, périanthe à cinq divisions (comme le *Polygonum*); fleurs hermaphrodites, périanthe à six divisions (comme le *Rumex*), avec cette particularité caractéristique que le verticille interne est pétaloïde. J'admets, dans ce qui suit, l'existence, chez le *Polygonum* et le *Coccoloba*, genre du même type, de deux verticilles trimères.

» Des huit étamines, attribut du *Coccoloba* et, le plus souvent, du *Polygonum*, cinq naissent les premières, à la fois et sur un rang extérieur; quatre de ces étamines forment deux couples placés devant chacun des sépales externes; la cinquième, qui complète, avec les deux paires d'étamines, un verticille, est située au-dessus de la bractée qui, remontée, compléterait un calice trimère; les trois autres étamines naissent peu après les cinq précédentes et se superposent aux trois divisions internes du périanthe, celles-là mêmes qui, dans l'hypothèse, représentent les pétales.

» Ce mode de formation des huit étamines du *Coccoloba* se présente identique dans le *Polygonum Bistorta* et le *Fagopyrum esculentum*. Il est le même que dans le *Rheum*, avec cette seule différence que, devant le sépale le plus externe (la bractée), il apparaît une étamine solitaire au lieu d'un couple d'étamines. Quelques *Polygonum* (*P. orientale, P. Persicaria, P. Hydropiper*) n'ont que sept, six ou cinq étamines; c'est que une, deux ou trois des étamines du verticille interne ont avorté : j'ai même vu des fleurs du *P. Hydropiper*) réduites à quatre étamines, ce qui est l'état ordinaire du *P. gracile*, par l'avortement de l'étamine solitaire du verticille externe. L'*Emex* n'a le plus souvent aussi que les quatre étamines des deux paires du verticille externe, parfois cinq par l'apparition de l'étamine superposée à la bractée, ou six par la présence de l'une des étamines du verticille interne.

» Suivant M. Payer, les paires d'étamines des Polygonées proviennent chacune d'un mamelon d'abord simple, qui plus tard se dédoublerait; je les ai vues formées, dès le plus jeune âge, par deux mamelons bien distincts. Les couples d'étamines ne sont donc pas des étamines dédoublées, mais des étamines conjuguées.

» Quant aux éléments de l'ovaire, ils sont bien au nombre de trois et alternent avec les étamines du verticille interne, ainsi qu'Aubert du Petit-Thouars l'avait déduit de faits tératologiques et que l'indiquait l'Anatomie. Or les rapports symétriques des parties constituantes de l'ovaire fixent tout à fait le type floral des Polygonoïdées.

» Qu'on mette à la place des étamines accouplées des étamines solitaires, et ces plantes, les *Rheum* et *Rumex* surtout, types du groupe, auront la symétrie florale ternaire, ordinairement si régulière, des Monocotylédones. Si, en effet, on détache de leur tige, qui garde avec les feuilles (moins la graine toutefois) les attributs des Dicotylédones, une fleur de *Rheum*, on pourra la confondre avec celle du Jonc commun, chacune ayant : double enveloppe trimère et scarieuse, deux verticilles d'étamines dont le plus extérieur est opposé au calice et naît le premier, un ovaire tricarpellaire, trigone et couronné par trois stigmates. Le *Rumex*, réduit au verticille staminal externe par l'avortement du verticille dernier-né du *Rheum*, répondra à son tour aux *Juncus pygmæus* et *capitatus*, chez lesquels manquent les étamines dernières-nées du *Juncus effusus* ou du *Luzula*.

» La symétrie et l'évolution régulièrement centripète de l'androcée des Polygonoïdées rattache d'ailleurs ces plantes au type assez peu commun, chez les Dicotylédones, des Légumineuses et des Limnanthées; il est même à noter que, parmi celles-ci, le *Flœrkea* a la fleur trimère comme celle du *Rheum*.

» Les caractères spéciaux que présente l'androcée dans la position et l'évolution de ses verticilles s'accordent, en somme, avec l'ensemble de la symétrie florale, avec la nature de l'ovule, la situation de l'embryon et l'ocrea si caractéristique, pour faire des Polygonées, avec M. A. Brongniart, une classe spéciale de laquelle doivent être rejetées vers les Phytolaccées les Nyctaginées qu'y réunissait Bartling dans ses Fagopyrinées. Il y a d'ailleurs opposition absolue entre l'androcée à évolution centrifuge et à verticille interne oppositisépale des vraies Caryophyllinées et celui des Polygonoïdées : le rapprochement opéré par Lindley ne saurait donc être maintenu.

» II. Les Mésembryanthémées, réunies par Endlicher à ses Caryophylli-

nées, ont été retirées de celles-ci par M. A. Brongniart pour en former, avec les Cactées, la classe des Cactoïdes. L'androgénie justifie pleinement ce dernier rapprochement, à la condition, toutefois, de laisser les Tétragoniées avec les Portulacées.

» L'androcée polystémone des vraies Cactoïdes (*Mesembryanthemum, Cactus, Echinocactus, Echinopsis, Opuntia*, etc.) se produit successivement de dedans en dehors du réceptacle, c'est-à-dire dans l'ordre centrifuge, comme chez les Cistinées, Clusiacées, Tilliacées, etc.; mais là s'arrêtent les analogies entre ces familles.

» En effet, tandis que dans les Tilliacées et les Cistinées les développements consécutifs à la formation première des étamines se continuent dans le même sens, de telle sorte que les étamines premières-nées seront aussi les premières à compléter leur maturation, il y a dans les Cactées et les Mésembryanthémées renversement complet d'évolution entre l'ordre de naissance et l'ordre des développements consécutifs à celle-ci.

» C'est peu de temps après l'apparition des dernières étamines que leurs aînées sont frappées d'un arrêt relatif de développement en même temps que celles-là, savoir les cadettes, progressant rapidement, deviennent les plus longues et sont les premières à ouvrir leurs anthères. Cette inversion entre l'ordre de naissance et celui des développements consécutifs est un fait rare et au plus haut point caractéristique des vraies Cactoïdes. On le retrouve dans l'*Hepatica*, mais avec cette différence qu'ici c'est la formation qui est centripète, et le développement ultérieur centrifuge.

» Au résumé, il est établi par l'organogénie que les Polygonoïdées et les Cactoïdes (celles-ci séparées des Tétragoniées) constituent deux classes bien délimitées. »

BOTANIQUE. — *Recherches sur les végétaux silicifiés d'Autun. Étude du genre* Myelopteris. Mémoire de M. B. RENAULT, présenté par M. Brongniart. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires précédemment nommés : MM. Brongniart, Daubrée.)

« Dans son ouvrage intitulé : *Dendrolithen*, page 58, Cotta a réuni dans son genre *Medullosa* trois sortes de tiges, savoir : 1° le *Medullosa elegans*; 2° le *Medullosa porosa*; 3° le *Medullosa stellata*.

» Le *Medullosa porosa* n'a pas été retrouvé depuis Cotta, et on ne le connaît que par le peu qu'en a dit ce savant.

» Quant aux deux autres, les différences profondes de leur partie cen-

trale et de leur partie ligneuse ou corticale ont porté M. Brongniart, dans son tableau des genres des plantes fossiles, en 1849, à en former deux genres distincts, le *Myeloxylon* et le *Medullosa stellata*.

» Göppert, dans sa flore fossile permienne (1865), plaça, comme l'avait déjà fait M. Brongniart, dans deux genres distincts ces deux tiges, qu'il désigne sous les noms de *Medullosa stellata* et de *Stenzelia elegans;* il rapproche le premier de ces genres des Cycadées; quant au second, il en fait un végétal *prototype*, dans lequel il croit reconnaître réunis les trois grands types de la végétation actuelle; au centre, il trouve l'organisation des Fougères, à la périphérie celle des *Dracœna*, et les éléments ligneux, en se disposant en lames rayonnantes, lui rappellent la disposition des fibres ligneuses des *Gymnospermes*.

» Les échantillons de *Medullosa* trouvés à Autun par Mgr Landriot et déposés entre les mains de M. Brongniart, ceux que j'ai pu recueillir également, étant plus complets que ceux récoltés en Allemagne, il y avait quelque intérêt à étudier de nouveau ces plantes extraordinaires, et c'est le résultat de ces recherches que je viens prier l'Académie de vouloir bien accueillir.

» Deux échantillons de *Medullosa elegans* de Chemnitz, envoyés au Muséum par Cotta lui-même, ont servi à la comparaison; de plus les détails grossis, figurés par Cotta et surtout par Göppert, rendent hors de doute l'identité des tiges allemandes et françaises, désignées sous les noms de *Medullosa elegans*, de *Myeloxylon* et de *Stenzelia elegans*. Un échantillon resté *unique* jusqu'à présent, figuré par Cotta et présentant *en un point* de la périphérie deux anneaux ligneux extérieurs concentriques, offrirait quelque incertitude qui ne pourrait disparaître que par un examen attentif et plus approfondi de l'échantillon lui-même.

» Pour conserver le nom, premier en date, donné par M. Brongniart à ces portions de plantes, et en même temps pour rappeler leur nature, je les désignerai sous le nom de *Myelopteris*.

» Sur une coupe transversale, les *Myelopteris* offrent une moelle centrale volumineuse, formée de cellules polyédriques ou arrondies, parcourue par des faisceaux vasculaires renfermés dans une gaîne de tissu cellulaire formé lui-même de cellules plus petites et plus allongées que celles du parenchyme environnant. En même temps que les faisceaux vasculaires, se trouvent renfermés, dans cette espèce de gaîne, deux ou plusieurs canaux gommeux. Le faisceau vasculaire est entouré, du côté du centre, par une deuxième gaîne *incomplète* de tissu fibreux.

» Les faisceaux vasculaires sont *uniquement* formés de vaisseaux scalariformes et de trachées. La disparition des cellules, qui primitivement ont formé les canaux gommeux, donne naissance à des cavités en contact avec les faisceaux vasculaires. Ces cavités, reconnues également dans le *Palmacites carbonigenus* et le *P. leptoxylon* par Corda, auraient été occupées, d'après ce savant, par un tissu ligneux détruit, mais non constaté. L'identité de structure de ces *Palmacites* avec les pétioles de *Myelopteris* me fait croire que ces plantes ne sont que des pétioles décortiqués de *Myelopteris*, et qu'on ne peut déduire de leur présence dans le terrain houiller l'existence des Palmiers à cette époque. Les faisceaux vasculaires sont disposés en lignes circulaires concentriques plus ou moins nombreuses suivant la grosseur du pétiole; on ne peut cependant méconnaître un plan vertical de symétrie dans ceux qui n'ont pas été déformés et qui trahit leur origine pétiolaire.

» La masse du parenchyme est traversée également par des faisceaux *fibreux* à section lunulée, circulaire, elliptique, réniforme, accompagnée presque toujours d'un canal gommeux. Plus nombreux à la périphérie qu'au centre, leur groupement par bandes rayonnantes, ou leur isolement sans ordre apparent, dans le tissu cellulaire, a permis de constituer les deux espèces suivantes : *Myelopteris radiata*, *Myelopteris Landriotii*, qui comprennent un certain nombre de variétés. Ce sont ces faisceaux uniquement fibreux qui ont été regardés par Göppert comme des faisceaux de bois de Dicotylédones.

» Des canaux gommeux, semblables à ceux qui accompagnent les faisceaux fibreux, s'élèvent aussi de bas en haut à travers la moelle ; ils sont plus nombreux au centre qu'à la périphérie, à l'encontre des faisceaux fibreux.

» A la surface des pétioles de *Myelopteris*, se trouve un épiderme, formé de cellules à section quadrangulaire et muni d'ouvertures disposées assez régulièrement, paraissant avoir été occupées par des stomates.

» Dans le *Myelopteris radiata*, les rachis secondaires sont obliques, par rapport au rachis principal ; dans le *Myelopteris Landriotii*, ils ont, au contraire, une direction perpendiculaire.

» La simplicité de composition des faisceaux fibreux, leur non-entrecroisement dans l'intérieur de la tige, exclut toute idée de rapprochement aves les plantes monocotylédones.

» L'absence complète de vaisseaux ou de fibres réticulés et ponctués, dans les faisceaux fibreux ou vasculaires, empêche de rapprocher ces pétioles de ceux des Cycadées.

» Au premier abord, les Fougères, dont les pétioles ne présentent, en général, qu'un nombre très-limité de faisceaux vasculaires, entourés chacun d'une gaîne d'un tissu dur et compact, semblent également s'en éloigner; mais cependant nous trouvons dans une tribu de ce groupe une organisation très-analogue, c'est celle des Marattiées.

» Sur une section horizontale, faite vers la base d'un gros pétiole d'*Angiopteris*, l'aspect général est celui d'un pétiole de *Myelopteris*. En effet, mêmes cercles concentriques de faisceaux vasculaires, entourés d'une gaîne de cellules petites et serrées; même structure dans le faisceau vasculaire, qui n'est formé que de vaisseaux scalariformes et de trachées, et de quelques *lacunes* gommeuses, lacunes gommeuses dispersées dans le parenchyme médullaire. Cependant on ne distingue, à l'intérieur de la moelle, aucun faisceau fibreux; mais il existe aussi des *Myelopteris* offrant cette particularité. A la périphérie, se voient quelques faisceaux fibreux isolés, accompagnés d'une lacune gommeuse sans parois propres.

» La partie corticale fibreuse présente un cercle extérieur, continu ordinairement et parsemé de lacunes gommeuses. Dans les *Myelopteris*, nous avons vu cette partie formée de bandes, ou d'îlots isolés, séparés par du tissu cellulaire; mais cette différence ne peut être considérée comme ayant une importance très-grande, car nous voyons les pétioles de *Cycas revoluta* offrir à la circonférence un cercle fibreux continu, comme ceux des *Danæa*, *Angiopteris*, etc.; tandis que, dans les pétioles d'*Encephalartos Alstensteini*, la même partie est divisé en îlots, séparés par du tissu cellulaire, comme dans les pétioles de *Myelopteris Landriotii*.

» De plus, le nombre de feuilles de Fougères fructifiées, offrant le caractère des Marattiées, et trouvées accompagnant les pétioles de *Myelopteris* d'Autun et de Saint-Étienne, est considérable. Par des rapprochements successifs de parties ordinairement séparées, M. Grand'Eury est même arrivé à rapporter les pétioles de *Myelopteris*, que l'on trouve en grand nombre dans la houille, aux Névroptéridées, qui comprennent les *Nevropteris*, les *Odontopteris*, etc.

» D'après ce qui précède, il est donc à peu près certain que ces pétioles de *Myelopteris* sont des pétioles de Fougères, ayant eu le mode de croissance et le port actuel de nos *Angiopteris*, dont ils différaient pourtant à certains égards, et l'on peut les considérer comme ayant formé un genre d'une grande importance à l'époque carbonifère, mais actuellement complétement éteint, que l'on doit ranger dans la famille des Marattiées. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence d'une proportion considérable de nitre dans deux variétés d'*Amarantus. Note de M. **A. Boutin** (Extrait).

(Commissaires précédemment nommés : MM. Chevreul, Balard, Cahours.)

« Depuis mon dernier travail, sur la présence d'une quantité considérable de nitre dans l'*Amarantus blitum* (1), j'ai étudié quelques autres espèces de cette même famille des Amarantacées, variétés d'origine exotique et que l'on cultive aujourd'hui dans nos climats comme plantes d'ornement, et en particulier l'*Amarantus atropurpureus* et l'*Amarantus melancholicus ruber*. Cette dernière est une plante magnifique : sa tige principale dépasse souvent 1 mètre en hauteur et mesure à la base près de 2 centimètres en diamètre; ses feuilles atteignent jusqu'à 10 et 15 centimètres de largeur sur une longueur de 20 à 25 centimètres, y compris le pétiole, le tout d'une couleur rouge pourpre. L'*Amarantus atropurpureus* est d'une couleur moins foncée que le *ruber;* il acquiert également un grand développement de végétation lorsqu'il est placé dans de bonnes conditions de terrain. Ces deux plantes sont originaires de l'Inde.

L'analyse que j'ai faite de chacune de ces deux plantes m'a démontré que l'*Amarantus ruber*, desséché à 100 degrés, contient 16 pour 100 d'azotate de potasse, ce qui donne 22 grammes d'azote par kilogramme de la plante à l'état sec et 72 grammes de potasse.

» L'*Amarantus atropurpureus*, à l'état sec, contient 22,77 pour 100 d'azotate de potasse; 1 kilogramme de la plante renferme, par conséquent, 31 grammes d'azote et 103,5 grammes de potasse.

» Au bout d'un certain temps de dessiccation à l'air libre, les tiges se couvrent d'uue efflorescence cristalline d'aiguilles fines et déliées de nitrate de potasse, comme cela se remarque sur les vieux murs très-salpêtrés. A l'incinération, ces deux plantes fusent comme de la poudre, et l'on peut les considérer comme de véritables nitrières végétales.

» N'est-il pas permis de penser que, dans un avenir plus ou moins rapproché, cette famille des Amarantacées sera cultivée pour suppléer aux engrais azotés, dont les sources tarissent, et que l'agriculture réclame néanmoins chaque année en quantités toujours croissantes?

» Ce qui me porte à parler ici de la culture des *Amarantus* dans l'Inde, c'est que j'ai appris, par diverses personnes ayant habité ce pays, que l'on

(1) *Comptes rendus*, t. LXXVI, p. 413; 17 février 1873.

y rencontre des variétés très-nombreuses de la famille des *Amarantus*, et que ces plantes y présentent une force de végétation extraordinaire. Les sujets qui ont servi à mes analyses avaient été cultivés à Châtellerault: tout porte à croire que, dans leur pays d'origine, ces plantes renferment une quantité d'azotate de potasse plus considérable encore que celle que j'ai constatée ici. »

MÉCANIQUE ANIMALE. — *Sur la théorie du vol des oiseaux.*
Mémoire de MM. **H.** et **L. Planavergne** (Extrait).

(Commissaires précédemment nommés : MM. Bertrand, Tresca, Resal.)

« M. Marey vient de communiquer à l'Académie (*Comptes rendus*, 12 janvier 1874, p. 117 de ce volume) un extrait de travaux remarquables, qui l'ont conduit à la découverte d'un principe expliquant les faits les plus obscurs du vol des oiseaux.

» Je prie l'Académie de vouloir bien me permettre de rappeler que j'avais déjà formulé le même principe, ainsi que le constate une brochure que je joins à ce Mémoire (1). M. Marey, en arrivant au même résultat par une autre voie, a mis le principe hors de toute contestation.

» Je désire seulement présenter ici un résumé succinct de la marche que j'avais suivie et des faits que j'ai signalés.

« Le principe dont il s'agit s'est présenté à moi dans des recherches sur la navigation. Je pensai que si l'on faisait mouvoir sur l'eau un bateau à fond plat, animé d'une grande vitesse, l'eau n'aurait pas le temps de se dérober, en vertu de la lenteur du déplacement initial des masses partant du repos, sous l'action des forces accélératrices. C'est ce que j'ai désigné sous le nom de *principe des pressions successives et instantanées*.

» Je fis quelques expériences qui, en confirmant la vérité du principe, me firent reconnaître l'insuffisance des propulseurs usités. Il fallait trouver un propulseur qui donnât en vitesse ce qu'il ne pouvait donner en force impulsive, à mesure que le mouvement s'accélérait. Je fus ainsi conduit à étudier les propulseurs de la nature, et, en particulier, les ailes des Oiseaux.

» Je remarquai que, lorsqu'un oiseau vole sur place, il est obligé de donner des coups d'ailes violents et rapides, tandis que lorsqu'il plane, animé d'une grande vitesse, il ne décline pas sensiblement, quoique les ailes restent immobiles. Cette remarque s'explique facilement d'après le principe précédent. En effet, je suppose que l'oiseau, les ailes étendues et sans vitesse initiale, descende de 1 mètre par seconde, avec l'air qu'il entraîne avec lui. Le calcul démontre que, dans le premier centième de seconde, il n'a dû descendre que de $\frac{1}{10}$ de millimètre. Si, maintenant, cet oiseau avance, en une seconde, de 100 fois sa longueur

(1) *Vol des Oiseaux;* Marseille, 1872.

moyenne, dans chaque centième de seconde, il entraînera verticalement une masse d'air différente, *partant du repos*, et descendra de $\frac{1}{10}$ de millimètre, ce qui produira, en somme, une chute de 1 centimètre au lieu de 1 mètre par seconde. Il aura donc à fournir, pour combattre l'effet de la pesanteur, un travail musculaire 100 fois plus faible qu'en volant sur place. Si l'on ajoute à cela que, dans ce calcul, j'ai négligé l'effet des masses d'air environnantes qui gênent la descente, on verra que le résultat obtenu est un maximum qui ne sera jamais atteint.

» Le même principe explique pourquoi les ailes trouvent dans l'air un point d'appui très-solide. En effet, lorsqu'un oiseau lancé donne un coup d'ailes, celles-ci s'orientent comme des girouettes, d'après les vitesses relatives des ailes et du sillage, et glissent en appuyant instantanément sur les divers points d'une longue lame d'air à l'état de repos. Dès lors, le point d'appui résulte du principe des pressions successives et instantanées.

» Pour expliquer tous les faits que présente le vol des oiseaux, il suffit de compléter ce qui précède par l'analyse de l'aile considérée comme propulseur. Les muscles impriment aux ailes des vitesses perpendiculaires au sillage, et les ailes les transforment en vitesses ayant la direction de ce sillage. Elles agissent à la façon des plans inclinés employés, dans le même but, pour la transmission du mouvement en Mécanique appliquée. Or on sait que, lorsque l'on emploie le plan incliné pour obtenir une semblable transformation, et qu'on a un point d'appui solide, le travail moteur est égal au travail utile plus le travail du frottement. Dans le cas considéré, le frottement de l'air peut être négligé et le point d'appui existe. On peut donc affirmer que les ailes des oiseaux transmettent à peu près intégralement le travail musculaire.

» Ainsi lorsque l'oiseau détache un coup d'ailes qui dure très-peu, il réagit par l'inertie de sa masse; mais les plumes légères s'infléchissent sous la réaction de l'air. Ces réactions fournissent des composantes perpendiculaires au sillage dont l'effet est nul, et d'autres dirigées suivant le sillage, et qui constituent l'effet utile; mais ce qui caractérise les ailes et établit leur supériorité sur les propulseurs artificiels, c'est que les plumes prennent automatiquement des inclinaisons variables, réglées par la vitesse des battements combinés avec la vitesse du sillage. Elles s'orientent comme des girouettes, de sorte que l'air entre tangentiellement aux ailes, s'écoule sans remous et sans chocs, et sort sans vitesse normale, en vertu du principe des pressions successives et instantanées. On sait que ce sont là les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'il n'y ait pas de travail perdu, en y comprenant la solidité du point d'appui. Il résulte de ce fait que les ailes transmettent intégralement le travail moteur, en en modifiant automatiquement les facteurs, qui sont la force et la vitesse. Ainsi, quand la vitesse du sillage est faible, les ailes s'infléchissent beaucoup et rendent considérablement de force impulsive. Quand, au contraire, le sillage est très-rapide, les ailes s'infléchissent peu et rendent en vitesse ce qu'elles ne donnent pas en force impulsive.

» J'ai désigné cette propriété des ailes sous la dénomination de Principe de plans inclinés automoteurs à inclinaisons variables et réglées par les vitesses combinées des ailes et du sillage. Ce qui résulte de là, c'est que, quelque grande que soit la vitesse du sillage, et quelque petite que soit celle des ailes, celles-ci procurent toujours une impulsion directe qui n'est jamais nulle, ni, *a fortiori*, négative. Donc, jamais de travail à vide ni de travail négatif. C'est une qualité que ne possède aucun des propulseurs usités.

» Ces avantages font des ailes un propulseur parfait, et la nature, en les constituant,

semble avoir satisfait au principe de la moindre action, formulé par Maupertuis. Les nageoires et les queues des poissons fonctionnent absolument de la même manière. Ce qui le confirme, c'est que les oiseaux pêcheurs, à ailes ordinairement courtes, volent dans l'eau, et que certains poissons à nageoires très-développées nagent dans l'air.

» Les propriétés que je viens de développer expliquent le fait qui a le plus frappé les observateurs : c'est que certains oiseaux dont la masse est considérable, les albatros, par exemple, volent dans l'air agité sans imprimer le moindre mouvement à leurs ailes, et cela dans toutes les directions, s'élevant, s'abaissant et progressant même contre le vent. Dans ce cas, les ailes ne frappent pas l'air, c'est l'air qui frappe les ailes; mais l'effet produit est le même. L'air agité est parsemé de tourbillons épicycloïdaux, qui roulent les uns sur les autres autour d'axes généralement horizontaux, près de la surface de la mer. (Il est aisé de prouver ce fait.) Ces tourbillons, venant frapper les ailes alternativement en dessus et en dessous, remplacent les coups d'ailes que l'oiseau est obligé de donner en air calme. On voit par là que le vent sert à la fois de *moteur* et de *point d'appui*, ce qui, au premier abord, semble contradictoire.... »

STATISTIQUE. — *Note sur une carte statistique figurant la répartition de la population de Paris;* par M. VAUTHIER. (Extrait.)

(Renvoi à la Section de Géographie et Navigation.)

« Cette carte a pour objet de figurer, au moyen du procédé graphique généralement adopté aujourd'hui pour représenter le relief du terrain, la manière dont la population de Paris est répartie.

» En topographie, le relief s'acccuse par des courbes de niveau, s'échelonnant à diverses hauteurs au-dessus ou au-dessous du plan de comparaison adopté. Les plans, ou, plus généralement, les surfaces de niveau contenant ces courbes sont, d'habitude, pour la facilité de l'interprétation, conçus équidistants, et l'on complète la description en inscrivant sur chaque courbe la distance au plan de comparaison.

» La carte de la population procède de notions tout à fait analogues. Les courbes sinueuses qui y sont tracées passent chacune par des points où la population est la même; ce sont, quant à la population, de véritables courbes de niveau. Elles sont équidistantes, en ce sens qu'elles s'échelonnent par degrés égaux de variations de la population; quant aux nombres inscrits sur chaque courbe, ils représentent le nombre d'habitants à l'hectare. Ces brèves indications nous paraissent suffisantes pour que toute personne habituée à la lecture des cartes topographiques lise la nôtre sans difficulté. Il nous reste à expliquer ce qu'est la surface que nous avons représentée, quelle est sa génération et comment, en dehors des courbes de niveau qui y sont tracées, elle doit être conçue dans l'espace.

» Voici les données d'où nous sommes parti. Il s'agit de représenter uniquement le *nombre* des individus; chacun d'eux est une unité. Représentons cette unité par un petit prisme de base quelconque et d'une hauteur donnée. Si l'on sait, pour chaque point de Paris, combien se trouvent, en ce point, d'habitants par unité de surface, cette unité étant le mètre carré ou un nombre quelconque de mètres carrés, si l'on prend un plan de Paris et qu'en tenant compte de l'échelle on superpose l'un à l'autre, sur chaque unité de surface, autant de prismes d'égale hauteur qu'elle contient d'habitants, les sommets des piliers accolés ainsi composés constitueront une surface. C'est cette surface que nous avons coupée par des plans de niveau.

» Pour déterminer en chaque point le nombre d'habitants par unité de surface, voici comment nous avons procédé. Un *Bulletin statistique*, publié par la Ville, donne la population et la surface des quatre-vingts quartiers de Paris. En déduisant de là, pour chaque quartier, le nombre d'habitants que contient une unité superficielle donnée, l'hectare par exemple, rien de plus simple que d'imaginer la construction, sur un plan de Paris, d'une série de prismes accolés, ayant pour base chaque quartier, et pour hauteur le nombre moyen d'habitants par hectare. Cette série de prismes représentera l'ensemble de la population parisienne, répartie, comme elle l'est, par quartiers; seulement les sommets de ces prismes ne constitueront pas une surface continue, mais une série de faces horizontales discontinues et échelonnées. Il s'agit de déduire de là, sinon la répartition réelle, du moins la répartition extrêmement probable de la population, c'est-à-dire de substituer à ces faces discontinues une surface unique continue qui, sans altérer le volume de chaque prisme, exprime avec une très-grande approximation la distribution réelle. Il suffit, pour cela, de remanier la partie supérieure de chaque prisme, en prenant d'un côté pour mettre de l'autre, de telle sorte que, en maintenant rigoureusement le volume de chacun, on raccorde sa face supérieure sur celle des prismes contigus, remaniée d'après la même règle. On pourrait imaginer un modèle en relief, construit d'abord d'après les données du *Bulletin statistique*, où chaque quartier comprendrait un faisceau de piliers d'égale hauteur, composés eux-mêmes de petits prismes égaux représentant *un* habitant; alors l'opération de modelage ci-dessus décrite s'effectuerait en déplaçant les prismes élémentaires d'un pilier à l'autre, et graduant convenablement la hauteur de ceux-ci, jusqu'à ce que leurs sommets se raccordent dans l'ensemble, et cela sans jamais rien faire passer d'un faisceau à l'autre.

» Ce n'est pas sur un tel modèle, mais graphiquement, que nous avons procédé à l'opération du modelage dont il s'agit, et nous l'avons réalisée assez facilement sur un plan à grande échelle, en nous servant, comme moyen de tâtonnement, des courbes de niveau mêmes qui, successivement rectifiées, ont exprimé le résultat final de la recherche. Les personnes qui ont eu à tracer topographiquement des courbes de niveau, au moyen de cotes de hauteur inscrites sur un plan, savent que, si le tracé des premières courbes est laborieux et même affecté d'incertitudes, quand le nombre des cotes est insuffisant, les courbes en se succédant se servent mutuellement de moyens de vérification et de rectification partielle. Il s'est produit quelque chose d'analogue dans notre travail, que dominait d'ailleurs une condition caractéristique essentielle, consistant en ce que, au centre de gravité de la surface de chaque quartier, la population réelle, accusée par les courbes, ne doit s'écarter que très-peu de la population moyenne rigoureusement déterminée. On comprend, en effet, que le remaniement du sommet de chaque prisme s'opère par rapport à la verticale passant au centre de gravité, et que, à moins de circonstances tout à fait anormales, la forme que prend finalement la face supérieure peut bien déplacer en hauteur, mais ne peut déplacer qu'extrêmement peu en projection horizontale la position de ce centre. Moyennant les soins apportés à l'opération, nous croyons pouvoir garantir que le résultat s'approche de la réalité, autant que la chose est possible.

» Ce résultat accuse, dans la répartition de la population, des faits analogues à ceux qu'exprime une carte topographique. On y voit des sommets où la population est considérable, des bas-fonds ou des plaines où elle est faible; des vallées y creusent leurs thalwegs; des promontoires s'y manifestent avec leurs lignes de faîte; enfin, là où la population ne varie que faiblement d'un point à l'autre, les courbes sont largement écartées, tandis qu'elles se rapprochent là où la variation est rapide.

» Nous ferons remarquer encore que, au moyen de notre carte, on peut obtenir des profils en long et des profils en travers de la population, comme on obtient, sur une carte topographique, des profils du terrain : ce qui donne la possibilité de dénombrer la population dans telle zone ou tel périmètre déterminé, comme les profils du terrain permettent d'établir des cubatures.

» Est-il nécessaire enfin de faire ressortir les services que peut rendre une carte de cette nature, pour tout ce qui se rattache à l'hygiène publique. Qu'il s'agisse de constater et d'expliquer l'assiette et la marche des

phénomènes morbides et épidémiques, qu'on veuille déterminer les mesures à prendre pour conjurer ces fléaux, en empêcher la propagation et en éviter le retour, il est évident que l'usage d'une telle carte peut être, à ces divers points de vue, de la plus grande utilité. »

M. F. **Briot** soumet au jugement de l'Académie un Mémoire portant pour titre « Théorèmes et problèmes de Géométrie ».

(Commissaires : MM. Serret, O. Bonnet.)

M. **Déclat** adresse une Note concernant l'efficacité des injections d'acide phénique dans la vessie, et de l'administration interne du sirop d'acide phénique, dans les cas de cystite avec urines ammoniacales.

L'auteur fait remarquer que les injections d'acide phénique, déjà signalées par lui en 1865 comme efficaces contre le catarrhe de la vessie, ont produit récemment une amélioration notable dans l'état d'une malade atteinte de cystite purulente et probablement tuberculeuse. L'administration interne du sirop d'acide phénique (à la dose de huit cuillerées par vingt-quatre heures d'un sirop à 0,10) a également produit des effets remarquables. Il se forme, dans l'urine, du phénate d'ammoniaque qui lui donne une couleur bleue peu de temps après son émission, et dont l'action antifermentescible a déjà été signalée. En même temps, l'acide phénique empêche la formation du carbonate d'ammoniaque, et, si ce dernier est réellement toxique, l'acide phénique remédie ainsi à une nouvelle cause d'intoxication. (La Note est accompagnée de l'envoi de deux flacons, contenant des urines recueillies avant et après l'emploi de l'acide phénique.)

(Commissaires : MM. Bussy, Pasteur.)

M. **Ad. Bormann** adresse une Note relative à la constitution des globules du sang chez les Mammifères, les Oiseaux et les Batraciens.

(Commissaires : MM. Fremy, Wurtz, Robin.)

M. **Th. Sourbé** adresse deux nouvelles Notes relatives à son procédé pour la substitution du pesage métrique des liquides spiritueux à leur mesurage.

(Renvoi à la Section de Physique.)

M. **Toselli** adresse le dessin et la description d'une *sonde prenante*, pour explorer le fond de la mer.

(Renvoi à la Section de Géographie et Navigation.)

M. G. **Zanini** adresse une Note relative à un procédé destiné à accroître la résistance des poutres horizontales dans les constructions.

(Renvoi à l'examen de M. Resal.)

M. P. **Michelle** adresse une Note relative à un « Baromètre à maxima et à minima, ou baromètre à triple indication ».

(Renvoi à l'examen de M. Hervé-Mangon.)

M. G. **Bazille** adresse la description d'une expérience, faite sur des vignes cultivées dans des tonneaux, pour constater l'efficacité de la méthode de submersion, contre le Phylloxera.

« Trois grands tonneaux ont été sciés par le milieu; dans les six cuviers ainsi obtenus, d'une capacité de plus de 200 litres, j'ai transplanté avec soin, en conservant autant que possible la motte de terre et les racines, six jeunes souches de cinq ans, trois aramons et trois carignans, très-attaquées, toutes les six, par le Phylloxera. Quatre de ces cuviers ont été submergés avec de l'eau de puits; il a fallu environ 80 litres pour recouvrir la terre du vase d'une couche d'eau de 10 centimètres. Deux cuviers n'ont point reçu d'eau, et les souches y sont restées, comme on les y avait mises le jour de la transplantation.

» Par l'addition journalière d'une faible quantité d'eau (moins de 1 litre), on a pu parer aux pertes provenant de l'évaporation et maintenir la couche d'eau à la même hauteur dans le vase. Deux souches sont restées ainsi sous l'eau pendant trente jours, du 15 novembre dernier au 15 décembre, et deux souches pendant quarante-cinq jours, du 15 novembre au 1er janvier.

» Je n'ai plus trouvé de Phylloxera sur les racines des souches restées sous l'eau; j'en ai vu, au contraire, quelques-uns sur les racines des souches non submergées. Mais n'ayant que six souches en expérience, et ne voulant en sacrifier aucune en totalité pour juger plus tôt du résultat, je n'ai enlevé qu'une racine à chaque souche; j'attendrai la pousse du printemps pour être tout à fait fixé. »

M. **Leyresson** adresse une Note relative à un moyen préventif à opposer au Phylloxera.

M. **Gouillon** adresse, par l'entremise du Ministère de l'Agriculture et du Commerce, une Note relative à un procédé destiné à obtenir, sur place, des lessives alcalines pour combattre le Phylloxera.

Ces trois Communications sont renvoyées à la Commission du Phylloxera.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** communique à l'Académie une disposition testamentaire de feu *Cl. Gay*, notre regretté confrère, par laquelle il institue l'Académie des Sciences légataire d'une rente perpétuelle de 2500 francs, destinée à la fondation d'un prix annuel de Géographie physique, conformément au programme donné par la Commission nommée à cet effet.

(Renvoi à la Section de Géographie et Navigation.)

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture d'une Lettre par laquelle M[me] veuve *Valz* informe l'Académie que, pour honorer la mémoire de son mari, feu *B. Valz*, ancien Correspondant de la Section d'Astronomie, elle désire fonder un prix d'Astronomie, analogue au prix Lalande. Elle destine à cette fondation une somme de 10000 francs, dont elle fera abandon à perpétuité à l'Académie des Sciences, lui laissant le soin de décerner le prix dans les conditions qui lui paraîtront les plus conformes aux intérêts de la science.

(Renvoi à la Section d'Astronomie.)

M. **A. Vulpian** prie l'Académie de vouloir bien le comprendre parmi les candidats à la place laissée vacante, dans la Section de Médecine et Chirurgie, par le décès de M. *Nélaton*.

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

M. le **Ministre des Affaires étrangères** transmet à l'Académie une Lettre qui lui est adressée par M. le Consul de France au Cap de Bonne-Espérance, sur le voyage scientifique de la corvette anglaise *Challenger :*

« La corvette anglaise *Challenger*, commandée par le capitaine Nares et ayant à bord les membres d'une expédition scientifique, vient de faire relâche à Simons-Bay après dix mois de voyage.

» La mission spéciale dont est chargé le *Challenger*, et à la tête de laquelle se trouve le professeur Thompson, consiste, comme Votre Excellence le sait sans doute, à recueillir sur divers points de l'Océan des observations et des spécimens destinés à faire mieux connaître la topographie et la zoologie sous-marines. Le soin avec lequel l'état-major de ce bateau a été composé, la réputation de quelques-uns des hommes spéciaux qui font partie de l'expédition, ainsi que l'attention qui a présidé à l'installation des laboratoires, du dépôt des

cartes, de la bibliothèque et des instruments de toute espèce, prouvent l'intérêt que le gouvernement anglais attache à ce voyage. Je crois donc utile de donner à Votre Excellence, d'après les journaux du Cap, quelques détails sur la première partie de cette expédition, qui doit encore durer trois ou quatre ans.

» Parti de Portsmouth le 21 décembre 1872, le *Challenger* toucha successivement à Lisbonne, où le roi de Portugal l'honora d'une visite, et à Gibraltar où commença sa véritable mission. Après avoir visité Madère et Ténériffe, la corvette entreprit le 14 février son premier voyage à travers l'Atlantique. Vingt-deux points d'observation avaient été fixés pour ce parcours. A chacun d'eux, la profondeur fut exactement déterminée, et la nature du fond reconnue; la température et la pesanteur de l'eau aux différentes profondeurs furent constatées et des spécimens recueillis.

» Après quelques études sur la faune de l'île Saint-Thomas, et quelques autres observations, l'expédition mit à la voile pour les Bermudes, afin d'examiner la singulière formation géologique de ces îles. Un peu au nord de Saint-Thomas, les sondages et les draguages atteignirent 3875 brasses, le point le plus profond que l'on ait pu obtenir encore avec certitude. La pression était si forte qu'elle brisa le thermomètre, et il fut, par suite, impossible de déterminer la température de l'eau. Des Bermudes, le *Challenger* se dirigea sur Halifax, sondant et draguant toujours sur son parcours et étudiant avec soin les températures diverses du Gulf-Stream.

» Le voyage des Bermudes à Madère permit de contrôler, sur une route différente, les observations recueillies la première fois. L'expédition toucha encore aux Açores, à Madère, aux îles du cap Vert, et traversa, une troisième fois, l'Océan, presque sous l'équateur, entre le cap Palma et le cap Saint-Roque.

» Du Brésil, le *Challenger* entreprit son quatrième voyage à travers l'Atlantique, dans l'hémisphère austral, et, après avoir touché aux îles de Tristan d'Acunha, Inaccessible et Nightingale, arriva à Simons-Bay, où l'équipage doit prendre un mois de repos pendant que le vaisseau subira quelques légères réparations.

» Après avoir quitté le Cap, le *Challenger* doit visiter les îles Marion, Crozette et Kerguelen, où il attendra l'arrivée de la mission chargée d'observer, l'année prochaine, le passage de Vénus. Se dirigeant ensuite vers le sud, il devra s'approcher le plus possible des régions glaciales. Melbourne, Sydney, le détroit de Torrès jusqu'à Bornéo, les Philippines, et tous les points inexplorés de la Nouvelle-Guinée au retour sont, dit-on, les étapes qui ont été fixées. Après quoi, se dirigeant vers le Japon et les îles Aléoutiennes, le vaisseau devra visiter l'île de Vancouver et revenir par le cap Horn en Angleterre en 1877.

» Voilà, en résumé, Monsieur le Ministre, les renseignements que l'on connaît ici sur la première partie des travaux d'une année et sur le programme de la mission du *Challenger*. Les spécimens qui ont été retirés du fond de la mer et les relevés topographiques ont été envoyés en Angleterre dès que le *Challenger* est arrivé au Cap. »

ANALYSE. — *Propriétés géométriques des fractions rationnelles* (*). Note de M. F. Lucas, présentée par M. Resal.

« *Ombilic multiple.* — Il peut arriver qu'un groupe de points racines, par exemple le groupe (M″), déterminé par l'équation (7)

$$\psi(z) = 0,$$

contienne un point multiple à un degré q supérieur au second.

» Soit m'' ce point multiple et désignons par ζ'' sa coordonnée. Nous pourrons poser

$$(29)\qquad \psi(z) = (z - \zeta'')^q \chi(z),$$

$\chi(z)$ désignant un polynôme du degré $(p - q)$.

» L'équation aux ombilics devient

$$(30)\quad (z-\zeta'')^{q-1}\{(z-\zeta'')[\chi(z)\varphi'(z) - \chi'(z)\varphi(z)] - q\chi(z)\varphi(z)\} = 0.$$

» Elle détermine, d'une part, un ombilic multiple, comprenant $(q - 1)$ fois le point m'' et, d'autre part, $(2p - q - 1)$ ombilics simples I.

» Supposons que le point directeur L vienne se placer dans l'extrême voisinage de L″ et soit $(\lambda'' + \varepsilon)$ sa coordonnée. Il est évident que q points du groupe M se distribueront dans le voisinage du point multiple m''; soit $(\zeta'' + u)$ la coordonnée de l'un quelconque de ces points. En désignant par H ce que devient la $q^{ième}$ dérivée de la fraction rationnelle $\frac{f(z)}{F(z)}$ pour $z = \zeta''$, nous aurons

$$(31)\qquad u^q = \frac{1.2.\ldots.q}{H}\varepsilon.$$

» Par conséquent : *Les q points* M *infiniment voisins de m'' occupent les sommets d'un polygone régulier ayant son centre en ce point.*

» Si L décrit autour de L″ un contour fermé infinitésimal, le polygone régulier tourne d'un angle $\frac{2\pi}{q}$ autour de m'' et reprend finalement son rayon primitif.

» Si L décrit un élément rectiligne passant par L″, chacun des q points M infiniment voisins de m'' décrit successivement deux éléments rectilignes se coupant en ce point sous l'angle $\frac{\pi}{q}$; les q *becs* ou points *saillants* ainsi

(*) Voir *Comptes rendus*, séances des 12 et 19 janvier 1874.

obtenus sont égaux entre eux et disposés régulièrement autour de m''; ils forment ensemble un point *étoilé*, pouvant appartenir à une courbe algébrique.

» *Groupe se réduisant à un point multiple.* — Dans le cas particulier où $q = p$, c'est-à-dire si tous les points du groupe (M'') se réunissent en un seul m'', ayant pour coordonnée ζ'', ce point m'' devient un ombilic multiple du degré $(p - 1)$.

» Les $(p - 1)$ autres ombilics sont déterminés par l'équation

$$(32) \qquad (z - \zeta'')\varphi'(z) - p\varphi(z) = 0;$$

ils représentent ce que j'ai proposé d'appeler les *conjugués de m'' relativement au groupe* (M') (*). Chacun de ces points I vérifie l'une ou l'autre des relations

$$(33) \begin{cases} \dfrac{\mathrm{IM}'_1 . \mathrm{IM}'_2 \ldots\ldots \mathrm{IM}'_p}{\overline{\mathrm{I}m''}^p} = \text{maximum ou minimum.} \\ \operatorname{tang}(\mathrm{M}'_1 \mathrm{I} m'' + \mathrm{M}'_2 \mathrm{I} m'' + \ldots + \mathrm{M}'_p \mathrm{I} m'') = \text{maxim. ou minim.} \end{cases}$$

» En appliquant à ce cas particulier un théorème démontré plus haut, on peut formuler l'énoncé suivant :

» *Si tous les points du groupe* (M') *sont distribués sur une circonférence passant par m'', les conjugués de ce dernier point relativement au groupe* (M') *appartiennent aussi à cette circonférence.*

» Si le point directeur L décrit une trajectoire finie passant par L'' (position à laquelle correspond le groupe m''), la trajectoire des points du groupe (M) présente en m'' un point étoilé, avec $(p - 1)$ tangentes distinctes qui divisent le plan en $2(p - 1)$ angles égaux.

» *Groupe passant à l'infini.* — Supposons maintenant que le point m'' passe à l'infini. L'équation

$$\psi(z) = 0$$

ayant toutes ses racines infinies, son premier membre se réduira nécessairement à un terme constant h.

» La formule (8)

$$\frac{\lambda - \lambda'}{\lambda - \lambda''} = \frac{\varphi(z)}{\psi(z)}$$

(*) *Études analytiques sur la théorie générale des courbes planes*, livre VII, chap. I; 1864. Mallet-Bachelier.

prendra, par conséquent, la forme plus simple

$$(34) \qquad \varphi(z) = h \frac{\lambda - \lambda'}{\lambda - \lambda''}.$$

» On voit ainsi que : *Si un groupe de points racines de la fraction rationnelle du degré p*

$$\frac{f(z)}{F(z)} = \lambda$$

passe tout entier à l'infini, cette fraction rationnelle équivaut à un polynôme algébrique du degré p dont le terme constant reste arbitraire.

» Si dans l'équation (34) le module du second membre reste constant, le lieu géométrique des points du groupe (M) satisfait à la relation

$$(35) \qquad MM'_1 . MM'_2 \ldots MM'_p = \text{const.}$$

» Par conséquent : *Les cyclides relatives à un polynôme algébrique sont des cassinoïdes à p foyers.* Ces courbes n'ont aucune branche infinie.

» On obtient leurs trajectoires orthogonales en supposant que, dans l'équation (34), l'argument du second membre reste constant. Désignons par S un point situé à l'infini, dans une direction quelconque; chacune des trajectoires orthogonales dont il s'agit est le lieu géométrique d'un point M assujetti à vérifier la relation

$$(36) \qquad \text{tang}\,(M'_1 MS + M'_2 MS + \ldots + M'_p MS) = \text{const.}$$

Chacune de ces courbes, du degré p, présente p branches hyperboliques. Ses asymptotes convergent en un même point et divisent le plan en $2p$ angles égaux.

» *Points centraux d'un polynôme algébrique.* — Lorsque ζ'' devient infini, l'équation (32) se réduit à

$$(37) \qquad \varphi'(z) = 0.$$

Elle détermine ce que j'ai proposé d'appeler les *points centraux du groupe* (M') (*).

» Ces points I, qui représentent les conjugués de l'infini, jouissent de deux propriétés remarquables.

» En premier lieu, chacun d'eux rend *maximum* ou *minimum* le produit de segments

$$IM'_1, IM'_2 \ldots IM'_p.$$

(*) *Études analytiques*, etc.

» En second lieu, si l'on considère les points du groupe (M') comme matériels, doués de masses égales et attirant le point I, supposé matériel, en raison inverse de leur distance à ce point, les points centraux représentent les *positions d'équilibre* du point I.

» L'équation (37) est indépendante du paramètre arbitraire λ; par conséquent : *Tous les groupes de points racines d'un polynôme algébrique ont les mêmes points centraux.*

» La propriété cinématique des points centraux rend évidents les théorèmes suivants :

» I. *Si tous les points racines d'une équation algébrique forment les sommets d'un polygone convexe, les points racines de l'équation dérivée sont tous situés à l'intérieur de ce polygone.*

» COROLLAIRE. — *Deux groupes de points racines d'un polynôme dont le terme constant reste arbitraire ne peuvent appartenir à une même circonférence qu'à la condition d'empiéter complétement l'un sur l'autre; c'est-à-dire qu'entre deux points consécutifs quelconques d'un de ces groupes on trouve nécessairement un point unique de l'autre groupe.* En effet, s'il en était autrement, on trouverait sur cette circonférence au moins un des ombilics des deux groupes; or ces ombilics ne diffèrent pas des points centraux du polynôme et, par conséquent, ils ne peuvent se trouver qu'à l'intérieur de la circonférence.

» II. *Si tous les points racines d'une équation algébrique sont disposés en ligne droite, cette droite contient aussi les racines de l'équation dérivée.*

» En prenant cette droite pour axe des x, on retrouve ce théorème bien connu que la réalité de toutes les racines d'une équation algébrique entraîne celle des racines de sa dérivée. »

GÉOMÉTRIE. — *Détermination des nombres pluckériens des enveloppes.* Note de M. **H.-G. Zeuthen**, présentée par M. Chasles.

« On sait que le nombre de courbes d'un système plan et algébrique est une fonction linéaire et homogène des caractéristiques du système, les caractéristiques étant des nombres entiers qui dépendent seulement des conditions qui déterminent le système (*). Pour trouver les nombres pluckériens de l'enveloppe du système, il faut encore connaître l'invariant

---

(*) Le nombre des caractéristiques est *deux* pour les coniques (théorie bien connue de M. Chasles). Pour les courbes d'ordre supérieur, leur nombre est fini. (Voir le Mémoire sur

numérique du système (ou son genre), qui est un nombre dont la valeur reste la même pour deux systèmes qui se correspondent d'une manière birationnelle, c'est-à-dire, qui sont tels que leurs courbes se correspondent une à une. Ce nombre se présente de la manière que nous allons indiquer.

» Nous désignons par

n l'ordre d'une courbe du système;

e le nombre de ses points cuspidaux;

μ le nombre des courbes du système qui passent par un point;

$\Sigma(\rho-1)r$ la somme des ordres r des branches ρ-tuples de courbes du système, multipliée par $\rho-1$;

a l'ordre de l'enveloppe du système;

e_a le nombre des points cuspidaux de l'enveloppe;

Σs la somme des ordres des branches stationnaires.

» En ajoutant des accents aux notations indiquées ici (n', μ',...), nous représenterons les nombres réciproques que l'on obtient par le principe de dualité.

» $\Sigma(\rho-1)r'$ renferme le nombre des courbes présentant un nouveau point double; $\Sigma(\rho-1)r$ celui des courbes présentant une nouvelle tangente double. Une courbe d'un système, ou une partie d'une courbe, s'appelle stationnaire si son mouvement (altération) est infiniment petit par rapport à celui de la courbe homologue d'un système qui correspond d'une manière birationnelle au système donné. On aurait pu regarder ces courbes (ou branches) comme faisant partie de l'enveloppe Nous ne regardons pas les lieux des points singuliers comme faisant partie de l'enveloppe.

» Considérons deux systèmes qui se correspondent d'une manière birationnelle, et distinguons les nombres qui y appartiennent par les suffixes 1 et 2 (n_1, μ_1, a_1,...; n_2, μ_2,...). Le lieu des points d'intersection des tangentes, menées d'un point fixe O_1 aux courbes du premier système avec les tangentes menées d'un autre point fixe O_2 aux courbes correspondantes de l'autre système, sera une courbe de l'ordre $\mu'_1 n'_2 + \mu'_2 n'_1$ ayant les points O_1 et O_2 pour points multiples des ordres $\mu'_2 n'_1$ et $\mu'_1 n'_2$ respectivement; ce que l'on voit en comptant les points d'intersection du lieu avec des droites par O_1 et O_2.

---

les *Propriétés générales des systèmes de courbes planes*, etc., que j'ai publié dans les *Mémoires de la Société danoise des Sciences*, 1873.)

» Les tangentes à ce lieu passant par O_1 (y compris les droites joignant O_1 aux points doubles et cuspidaux de la courbe, excepté O_1 et O_2) sont : 1° les $\mu'_2 n'_1$ droites qui ont ce même point pour point de contact; 2° les droites tangentes à des courbes du premier système qui correspondent à des courbes du second système dont deux des n'_2 tangentes par le point O_2 coïncident; et 3° n'_2 fois les droites tangentes à deux courbes consécutives du premier système. On trouve, en égalant le nombre de ces droites à celui qui résulte de la substitution du point O_2 à O_1 et en négligeant les termes communs aux deux membres de l'équation (qui correspondent aux points singuliers de la courbe construite),

$$2\mu'_2 n'_1 + [\mu_2 + \Sigma(\rho_2 - 1) r'_2] n'_1 + (a'_1 + \Sigma s'_1) n'_2$$
$$= 2\mu'_1 n'_2 + [\mu_1 + \Sigma(\rho_1 - 1) r'_1] n'_2 + (a'_2 + \Sigma s'_2) n'_1.$$

» On voit donc que *la valeur de*

$$(1) \qquad \frac{a' + \Sigma s' - \mu - 2\mu' - \Sigma(\rho - 1) r'}{n'} = i$$

reste la même pour les systèmes dont les courbes se correspondent une à une. Nous appellerons ce nombre i l'*invariant numérique* du système.

» Si l'on construit une figure réciproque à une figure qui contient un système quelconque, on obtient un nouveau système qui correspond de la manière indiquée au système donné et qui a, par conséquent, le même invariant numérique. On trouve, en y appliquant la formule (1),

$$(2) \qquad \frac{a + \Sigma s - \mu' - 2\mu - \Sigma(\rho - 1) r}{n} = i.$$

» La formule (1) est applicable au cas où les courbes du système sont des points. Alors $n = \mu = 0$, $n' = 1$, et $\mu' = a$ est l'ordre du lieu des points qui forment le système, a' est sa classe et $\Sigma s' = e_a$ est le nombre de ces points cuspidaux. On trouve donc

$$i = a' + e_a - 2a = 2(p - 1),$$

où p est le nombre que M. *Clebsch* a appelé le genre de la courbe.

» En posant de même, pour un système quelconque, $i = 2(p - 1)$, et en appelant p le *genre* du système, on pourrait remplacer, dans le théorème que nous avons énoncé sur l'invariant numérique, ce nombre par le genre du système. Le genre d'un système est égal à celui d'une courbe dont les points correspondent d'une manière birationnelle aux courbes du système. Si le paramètre, variable dans l'équation qui rapporte le système

à un système de coordonnées, y entre d'une manière rationnelle, les valeurs de ce paramètre peuvent servir à déterminer les points d'une courbe unicursale ($p = 0$); le système de courbes est donc lui aussi du genre nul ($i = -2$) et s'appelle un système *unicursal*.

» On peut aussi appliquer la formule (1) au cas où chaque courbe d'un système (n_1, μ_1,...) détermine x_2 points d'une courbe (ordre N, classe N', E points cuspidaux, genre P), pendant que chaque point de cette courbe détermine x_1 courbes du système. Alors à chaque courbe du système donné correspond dans un autre système une courbe composée de x_2 points, et chaque point du lieu de ces points appartient à x_1 de ces courbes composées. Si l'on désigne par y_2 le nombre de coïncidences de deux points correspondant à une même courbe donnée, et par y_1 le nombre de coïncidences de deux courbes correspondant à un même point, on aura

$$n_2 = \mu_2 = 0, \quad n'_2 = x_2, \quad a'_2 = x_1 N' + y_1, \quad \mu'_2 = x_1 N,$$
$$\Sigma s'_2 = x_1 E, \quad \Sigma(\rho_2 - 1) r_2 = y_2,$$

d'où, comme $N' + E - 2N = 2(P - 1)$, et comme les deux systèmes doivent avoir le même invariant $i_1 = 2(p_1 - 1)$,

$$(3) \qquad y_1 - y_2 = 2x_2(p_1 - 1) - 2x_1(P - 1).$$

» Dans le cas où aussi les courbes du premier système sont des points, on retrouve une formule que j'ai prouvée ailleurs (*) par des procédés analogues.

» On voit, par l'exemple que nous venons de discuter, comment on peut appliquer les formules (1) et (2) à des systèmes qui se correspondent d'une manière *quelconque* (irrationnelle).

» Les formules (1) et (2) servent à *déterminer l'ordre et la classe de l'enveloppe d'un système* dont on connaît, à côté d'un nombre suffisant de caractéristiques, l'invariant numérique et les courbes stationnaires (**).

» En appliquant la formule (3) à un système de courbes et aux groupes de leurs $n + n'$ points de contact avec l'enveloppe, on trouve que le

(*) *Mathematische Annalen*, t. III, p. 151.

(**) Ces résultats, ainsi que les valeurs que nous trouverons après pour les autres nombres *pluckériens* de l'enveloppe, concordent avec ceux que M. Henrici a trouvés pour le cas particulier où le système est unicursal, composé de courbes dénuées de points singuliers, et dénué lui-même de courbes à branches multiples. (*Proceedings of the London Math. Society*, vol. II, p. 182).

nombre des coïncidences de ces points est égal à

$$y = 2(p_a - 1) - (n + n')i,$$

p_a étant le genre de l'enveloppe. (La détermination de p_a demande, à côté de celles de a et a', celle de e_a dont nous nous occuperons après).

» Si l'on connaît l'enveloppe et les courbes stationnaires, on peut faire des formules (1) et (2) un usage réciproque : elles peuvent servir à déterminer l'invariant numérique du système. On trouve, par exemple, qu'un système de coniques tangentes à quatre courbes $C_{n_1 n'_1}$, $C_{n_2 n'_2}$, $C_{n_3 n'_3}$, $C_{n_4 n'_4}$ (qui seront des branches multiples de l'enveloppe) a l'invariant numérique

$$\begin{aligned} i = 6 n_1 n_2 n_3 n_4 &+ 12 \Sigma n_1 n_2 n_3 n'_4 + 12 \Sigma n_1 n_2 n'_3 n'_4 \\ &+ 12 \Sigma n_1 n'_2 n'_3 n'_4 + 6 n'_1 n'_2 n'_3 n'_4 + \Sigma n_1 n_2 n_3 i_4 \\ &+ 2 \Sigma n_1 n_2 n'_3 i_4 + 2 \Sigma n_1 n'_2 n'_3 i_4 + \Sigma n'_1 n'_2 n'_3 i_4, \end{aligned}$$

où les sommes Σ sont étendues à tous les termes analogues et où $i_1 = 2(p_1 - 1) \ldots$, p_1, p_2, p_3 et p_4 étant les genres des quatre courbes.

» Comme, dans le calcul de ce résultat, nous avons fait usage des relations pluckériennes, il n'est pas immédiatement applicable au cas où une des quatre courbes données se réduit à un point ou à une droite; mais alors on trouve la valeur de i par les mêmes procédés. On trouve, par exemple, que l'invariant d'un système de coniques passant par deux points et tangentes à deux droites est égal à -4. On sait aussi que ce système est composé de deux systèmes unicursaux ($i = -2$); car la corde de contact avec les droites données doit passer par un de deux points faciles à déterminer.

» Le système de coniques ayant des contacts quadruples avec une courbe du quatrième ordre aura l'invariant $i = -126$, ce qui pourrait servir à déceler sa décomposition en soixante-trois systèmes unicursaux. »

ALGÈBRE. — *Sur la théorie des équations numériques.* Note de M. **Laguerre**, présentée par M. Hermite.

« On peut toujours considérer un polynôme algébrique, fonction de la variable x, comme provenant d'une forme homogène $f(x, y)$, dans laquelle on a fait $y = 1$; dans tout ce qui suit, je supposerai que la variable y et les variables analogues y', η, η',... que je pourrai introduire, soient toutes égales à l'unité.

» **1.** Le premier émanant de la forme $f(x, y)$ est le polynôme

$\xi \frac{df}{dx} + \eta \frac{df}{dy}$; les autres émanants s'obtiennent en opérant sur la forme donnée avec le symbole $\Delta = \left(\frac{d}{dx} + \eta \frac{d}{dy}\right)$, et, pour abréger, je les désignerai par la notation $\Delta^i f(x, y)$. Ils jouent un rôle important dans la théorie de l'équation $f(x, y) = 0$, et, à cet égard, j'énoncerai d'abord le théorème de Rolle sous la forme suivante :

» *Étant donnée une équation de degré m et à coefficients réels* $f(x, y) = 0$, *si l'on pose, pour abréger,*

$$\Omega = (x\eta - y\xi)\left(\xi \frac{df}{dx} + \eta \frac{df}{dy}\right),$$

où ξ *désigne une quantité réelle quelconque,*

» 1° *Deux racines consécutives de la proposée contiennent toujours un nombre impair de racines de l'équation* $\Omega = 0$;

» 2° *Si toutes les racines de la proposée sont réelles, toutes celles de l'équation* $\Omega = 0$ *sont également réelles et séparent celles de la proposée.*

» Je ferai remarquer que l'on peut remplacer l'équation $\Omega = 0$ par l'équation

$$\left(x \frac{dF}{d\xi} + y \frac{dF}{d\eta}\right)\left(\frac{dF}{dx}\frac{dF}{d\eta} - \frac{dF}{d\xi}\frac{dF}{dy}\right) = 0,$$

dont deux racines sont en évidence, les autres pouvant être déterminées par la résolution d'une équation du degré $(m - 2)$.

» 2. Soit une équation, de degré m, $f(x, y) = 0$, à coefficients réels ou imaginaires; représentons, avec Cauchy, ses m racines par m points du plan que nous appellerons les *points racines;* nous aurons les propositions suivantes :

» Théorème I. — *Étant donné un cercle quelconque contenant tous les points racines de l'équation, et étant pris un point quelconque* ξ *en dehors de ce cercle, toutes les racines d'une quelconque des équations*

$$\Delta^i f(x, y) = 0,$$

que l'on obtient en égalant à zéro un émanant de l'équation proposée, sont également contenues dans l'intérieur de ce cercle.

» *Remarque.* — Si toutes les racines de la proposée étaient en dehors du cercle, le point ξ étant situé en dedans, toutes les racines des équations, obtenues en égalant les émanants à zéro, seraient également en dehors du cercle.

» THÉORÈME II. — *Si deux points du plan* ξ, ξ' *satisfont à la relation*

$$\xi' \frac{df}{d\xi} + \eta' \frac{df}{d\eta} = 0,$$

tout cercle mené par ces deux points (passât-il même par un certain nombre de points racines, pourvu qu'il ne les contienne pas tous) *contient au moins un point racine ; il y a en outre au moins un point racine à l'extérieur de ce cercle.*

» *Remarque I.* — La même proposition a lieu si les deux points ξ et ξ' satisfont à l'une quelconque des équations

$$\left(\xi' \frac{d}{d\xi} + \eta' \frac{d}{d\eta}\right)^i f(\xi, \eta) = 0.$$

» *Remarque II.* — En particulier, le cercle décrit sur $\xi\xi'$ comme diamètre contient au moins un point racine ; si ξ est une valeur suffisamment approchée d'une racine x_1 de la proposée, ξ' sera lui-même très-voisin de ξ, et le cercle ξ ayant $\xi\xi'$ pour diamètre contiendra nécessairement la racine x_1 ; il résulte même de ce qui précède que cette racine s'écartera très-peu du diamètre. On peut rapprocher ce résultat de la méthode d'approximation donnée par Newton.

» 3. Cauchy a donné, dans son théorème sur les contours, relativement aux racines imaginaires, l'équivalent du théorème de Sturm. Les théorèmes beaucoup plus élémentaires, mais non moins importants, de Rolle et de Descartes, n'ont pas, jusqu'à présent, été étendus au cas des racines imaginaires. Les propositions précédentes, quoique très-simples, pourront peut-être jeter quelque jour sur cette question; dans tous les cas, elles mettent indubitablement en évidence le rôle fondamental que jouent dans cette théorie les contours circulaires. »

PHYSIQUE. — *Sur la rupture des aiguilles aimantées.* Note de M. E. **BOUTY**, présentée par M. Jamin.

« On obtient une aiguille aimantée régulière en faisant traverser une spirale animée par un courant, par une aiguille d'acier récemment trempée. Si l'on vient à rompre cette aiguille par le milieu, après son aimantation, deux cas peuvent se présenter : 1° si l'aiguille est trempée assez dur pour se rompre entre les doigts comme du verre, les deux moitiés sont des aimants de même moment magnétique, ainsi qu'on devait s'y attendre par raison de symétrie; 2° si l'aiguille est trempée plus doux, de façon à se

fléchir plusieurs fois en sens contraire avant de rompre, les deux moitiés possèdent des moments magnétiques inégaux, d'une manière en apparence arbitraire.

» Je me suis rendu compte de cette différence par les expériences suivantes. Une aiguille faiblement trempée, régulière, est saisie par son milieu entre deux lames de plomb; on prend à la main l'extrémité libre, et par des flexions en sens contraire on provoque la rupture: la moitié de l'aiguille soumise aux flexions possède un moment magnétique inférieur à celui de la moitié pincée, et d'autant plus que la rupture a été plus pénible. Si l'on saisit une aiguille faiblement trempée de part et d'autre et très-près de son milieu à l'aide de deux pinces, de manière à n'intéresser à la rupture qu'une tranche très-mince de part et d'autre du plan de séparation, les deux moitiés de l'aiguille présentent, après la rupture, des moments magnétiques égaux, comme cela a lieu dans le cas des aiguilles fortement trempées. On en conclut que la rupture ne produit pas d'effet magnétique propre, indépendant de l'effet de la séparation pure et simple des parties, au moins tant qu'elle n'est pas accompagnée de flexions intéressant une portion finie de l'aimant rompu. Cette conclusion est d'ailleurs confirmée par toutes les expériences qui suivent.

» *Rupture d'aiguilles cylindriques saturées, opérée perpendiculairement à l'axe.* — Ainsi qu'on pouvait le prévoir *à priori*, tous les fragments ainsi détachés d'une aiguille saturée sont saturés, qu'ils proviennent des extrémités ou du milieu de l'aiguille. Green, dans son *Essai sur l'application de l'analyse mathématique aux théories de l'électricité et du magnétisme*, déduit de l'hypothèse de la force coercitive la formule suivante, qui donne le moment magnétique y d'une aiguille cylindrique saturée de rayon a et de longueur $2x$:

$$(1) \qquad y = \mathrm{A}a^2\left(2x - \frac{2}{\beta}\frac{e^{\beta x} - e^{-\beta x}}{e^{\beta x} + e^{-\beta x}}\right),$$

où A est une constante dépendant seulement de la nature de l'acier, et β une quantité de la forme $\frac{\mathrm{B}}{a}$, B étant une constante.

» La rupture d'une aiguille saturée fournissant des aiguilles saturées de même diamètre et de trempe *identique*, il était curieux de soumettre la formule de Green au contrôle de l'expérience, spécialement dans le cas d'aiguilles excessivement courtes, dont on pouvait mesurer le moment magnétique par le procédé exposé dans notre précédente Communication, avec un degré suffisant de précision. Pour comparer plus aisément la théorie de

Green à l'expérience, on a construit une série de courbes en prenant pour abscisses les longueurs des aiguilles et pour ordonnées les moments magnétiques correspondants. Ces courbes sont représentées très-fidèlement par l'équation (1), au moins pour les valeurs un peu grandes de x. Pour de très-petites valeurs, les moments magnétiques fournis par l'expérience sont un peu supérieurs. On n'en sera pas surpris, si l'on remarque que la formule de Green a été obtenue par lui en supposant que le rapport $\frac{x}{a}$ conserve des valeurs assez grandes, tandis que nos expériences atteignent des valeurs assez petites de ce rapport.

» La construction des courbes représentatives de l'expérience présente d'ailleurs un grand intérêt; outre qu'elle établit d'une manière incontestable les principes sur lesquels nous nous sommes appuyé jusqu'ici, elle fournit encore une série de résultats nouveaux. Elle donne, entre autres choses, par une construction graphique très-simple, la distance des pôles des aiguilles à leur extrémité. Cette distance, constante pour toutes les aiguilles *longues* de même diamètre, s'obtient en menant la droite asymptote à la branche infinie de la courbe : la demi-abscisse à l'origine de cette droite représente la distance cherchée. De même la demi-abscisse à l'origine d'une tangente quelconque représente cette distance pour l'aiguille courte à laquelle se rapporte le point de tangence.

» *Rupture d'aiguilles cylindriques non saturées, régulières ou présentant des points conséquents.* — De très-nombreuses expériences faites à ce sujet ont fourni une série de lois, conformes à ce que peut faire prévoir la théorie ordinaire du magnétisme; mais il n'existe pas de formules, analogues à celle de Green, avec lesquelles on puisse comparer les résultats numériques de l'expérience. Nous nous bornerons à fournir les énoncés suivants :

» 1° Deux fragments égaux détachés symétriquement par rapport au milieu dans une aiguille régulière possèdent des moments magnétiques égaux.

» 2° Deux fragments égaux non symétriques possèdent encore des moments magnétiques sensiblement égaux, s'ils sont pris à une distance suffisante des extrémités.

» 3° Si l'on compare les moments magnétiques de fragments égaux extrêmes et moyens, ou bien ces moments sont égaux, et alors les fragments possèdent leur moment de saturation, ou ils sont inégaux, et alors les moments les plus grands appartiennent aux fragments moyens. Dans les aiguilles qui présentent des points conséquents, les fragments contenant

un point conséquent sont comparables aux fragments extrêmes des aiguilles régulières.

» 4° Étant donnée une aiguille régulière ou irrégulière, il sera généralement possible de la rompre en fragments assez courts pour qu'ils soient saturés, pourvu toutefois que l'aimantation de l'aiguille primitive ne soit pas trop faible.

» Nous ajouterons que la rupture d'une aiguille est peut-être l'une des méthodes les plus délicates que l'on possède pour s'assurer de sa régularité.

» *Rupture d'aiguilles saturées, opérée parallèlement à l'axe.* — Ces aiguilles étaient obtenues en formant un faisceau prismatique avec des lames de ressort de montre. Ce faisceau, trempé et aimanté tout d'une pièce, était ensuite séparé.

» L'expérience a montré, ainsi qu'on pouvait le prévoir, que les lames séparées ne sont point saturées. Ce qu'il y a d'étrange au premier abord, c'est que la somme des moments magnétiques des lames séparées est notablement supérieure au moment magnétique du faisceau primitif.

» Ce fait n'est point isolé et s'explique assez aisément par la considération des deux sortes de magnétisme, temporaire et permanent, dont l'acier est susceptible. Les limites de cette Note nous obligent à remettre cette étude à une prochaine Communication. »

CHIMIE. — *Sur quelques particularités relatives à l'efflorescence des deux hydrates formés par le sulfate de soude.* Note de M. D. GERNEZ, présentée par M. Pasteur.

« La Communication faite à l'Académie au nom de M. de Coppet, dans la dernière séance, relativement à l'existence de deux modifications isomériques du sulfate de soude anhydre, m'engage à faire connaître quelques expériences que j'ai faites sur le même sujet.

» Je rappellerai d'abord que le fait sur lequel s'appuie M. de Coppet, pour admettre l'existence de deux modifications isomériques du sulfate de soude anhydre, n'est pas nouveau; j'ai indiqué en effet, en 1865 (1), que le sulfate de soude *effleuri* fait toujours cristalliser la solution sursaturée de sulfate de soude, tandis que le sulfate de soude déshydraté par la chaleur ne fait plus cristalliser cette solution. Avant d'indiquer quelles conséquences légitimes on peut tirer de ce résultat, que M. de Coppet vient de confirmer, je

(1) *Comptes rendus*, t. LX, p. 833; 24 avril 1865.

crois utile d'indiquer quelques expériences qui le mettent bien en lumière.

» Après avoir vérifié que le sulfate de soude à 10 équivalents d'eau, exposé pendant quelques jours dans l'air sec, à la température ordinaire de 10 à 15 degrés, perd, à 1 millième près au moins, l'eau qu'il contient, j'ai voulu essayer d'enlever la totalité de cette eau en le faisant séjourner très-longtemps dans de l'air tout à fait sec. A cet effet, j'ai recouvert l'extrémité de baguettes de verre d'une couche très-mince de sulfate ordinaire, puis j'ai renfermé ces baguettes dans des flacons contenant de l'air maintenu sec par de l'acide sulfurique et dont la température a varié entre 10 et 25 degrés. Tous les mois, j'essayais un certain nombre de ces baguettes, et toujours elles ont fait cristalliser la solution sursaturée de sulfate de soude, produisant, quelle que fût la concentration de la solution, des cristaux à 10 équivalents d'eau. Après un séjour dans l'air sec prolongé pendant neuf mois et demi, une pellicule de sulfate de soude ordinaire, amenée, par l'efflorescence, à l'état de poudre blanche, et dont l'épaisseur ne dépassait pas un dixième de millimètre, n'avait pas perdu la propriété de produire des cristaux ayant sa forme originelle, si petite que fût la quantité employée. Au contraire, on sait que le même sulfate de soude, chauffé pendant quelques minutes au delà de 33 à 34 degrés, température à laquelle le sel devient anhydre, est tout à fait inactif.

» M. de Coppet tire de cette expérience la conclusion qu'il y a deux modifications isomériques du sulfate de soude anhydre, celle dont l'existence est admise par tous les chimistes et qu'on produit au delà de 33 degrés, et celle qu'on réalise, suivant lui, en desséchant le sulfate de soude ordinaire au-dessous de cette température. Cette conclusion n'est nullement une conséquence nécessaire de l'expérience. En effet, si l'on admet, comme je l'ai démontré, qu'une quantité infiniment petite d'une substance suffit pour faire cristalliser sa solution sursaturée, la cristallisation par le sel effleuri est expliquée si l'on suppose qu'il reste dans ce sel une quantité de sulfate ordinaire non encore transformé, aussi petite qu'on voudra l'imaginer, quantité qu'il est impossible de déceler par l'emploi de la balance ou autrement.

» Voici une expérience qui me semble éclaircir cette question délicate : j'ai reconnu que, dans une solution très-concentrée de sulfate de soude, contenant par exemple 2 parties de sel et 1 partie d'eau, lorsqu'on opère dans le voisinage de 10 à 12 degrés, si l'on sème un cristal pur de sulfate de soude à 7 équivalents d'eau, il ne se développe dans la solution que

cette espèce de sel, et le reste du liquide contient encore assez de sulfate de soude pour constituer une solution sursaturée.

» Or, si l'on réalise la même expérience avec le même sulfate à 7 équivalents d'eau, abandonné au préalable en couche très-mince dans de l'air sec pendant plusieurs mois, auquel cas il ne peut conserver qu'une quantité d'eau trop faible pour être appréciée à la balance, on trouve que cette poudre produit immédiatement, dans la solution concentrée, des cristaux à 7 équivalents d'eau seulement. Ce résultat peut s'expliquer comme les précédents, si l'on admet qu'il est impossible d'enlever par dessiccation, au-dessous de 33 degrés, la totalité de l'eau, et qu'il reste une quantité infiniment petite de sel non déshydraté, laquelle est toujours suffisante pour provoquer la formation de cristaux identiques.

» Avec le mode de raisonnement de M. de Coppet, il faudrait, ou bien admettre une troisième modification isomérique du sulfate de soude anhydre produite par dessiccation au-dessous de 33 degrés du sel à 7HO, ou bien, si l'on ne veut pas admettre l'existence de cette modification nouvelle, supposer que le sulfate à 7HO donne, par dessiccation, au-dessous de 33 degrés, le même sel anhydre que le sel à 10HO donne lorsqu'on le chauffe au delà de 33 degrés, ce qui est assez invraisemblable.

» Il est un dernier point sur lequel je désire appeler l'attention : c'est le mode d'action, sur les solutions sursaturées, du sel anhydre obtenu par l'action de la chaleur. Ce sel, amené au contact d'une solution concentrée, y provoque, non pas immédiatement, mais au bout de quelque temps, la production de cristaux à 7HO.

» Ce fait s'explique facilement; il est de même ordre que celui que présente le borax et dont j'ai donné récemment l'explication. Lorsqu'on opère sur une solution de sulfate de soude entre certaines limites de température, qui sont + 33 et — 8 degrés environ, on peut obtenir, soit par refroidissement, soit par évaporation, une solution assez concentrée pour être saturée de sel à 7HO; c'est alors que le contact d'une parcelle saline à 7HO dépose des cristaux de même composition; si la concentration augmente, par exemple à 8 degrés pour la solution qui contient les $\frac{2}{3}$ de son poids de sel ordinaire, les cristaux à 7HO se déposent spontanément, et, si l'on continuait à concentrer la solution, ils seraient seuls à se produire (à moins que la température ne descendît au-dessous de — 8 degrés, auquel cas le sel à 10HO se formerait spontanément dans la solution restante). Ainsi l'hydrate le plus stable, celui qui se produit spontanément le plus facilement aux températures comprises entre + 33 et — 8 degrés, a pour com-

position $NaOSO^3 + 8HO$. Ce même sel est aussi celui qui se forme par l'hydratation du sulfate anhydre, lorsqu'on le met au contact de l'air saturé de vapeur d'eau. Je me suis assuré en effet que le sulfate de soude anhydre, obtenu en chauffant au rouge sombre le sel ordinaire dans un petit ballon dont le col était ensuite retourné dans un vase rempli d'eau, fixe peu à peu la vapeur d'eau et donne des cristaux qui ne produisent jamais, dans les solutions sursaturées, de cristaux à 10HO, et donnent, au contraire, dans les solutions concentrées, des cristaux à 7HO.

» Il en est de même lorsqu'on amène du sulfate de soude anhydre au contact d'une solution sursaturée concentrée; mais l'effet n'est pas instantané : il y a d'abord transformation du sel anhydre en sel à 7HO par absorption d'eau, puis action sur la solution sursaturée et production de cristaux ayant la même composition.

» On voit ainsi que les phénomènes rappelés par M. de Coppet peuvent s'expliquer simplement sans qu'il soit nécessaire d'admettre l'existence de plusieurs modifications isomériques du sulfate de soude anhydre. J'ajouterai que j'ai observé des particularités analogues avec les solutions concentrées d'azotate de chaux, d'hyposulfite de soude, etc.

» Enfin je signalerai l'importance que présente le fait de la production, dans une même liqueur et à une même température, de deux hydrates différents, pour résoudre la question de savoir à quel état se trouvent les corps dans leurs solutions. »

CHIMIE. — *Réaction du chlorure d'argent sur le biiodure de phosphore.* Note de M. **Arm. Gautier**, présentée par M. Wurtz.

« L'existence du biiodure de phosphore et celle de l'hydrogène phosphoré spontanément inflammable, auquel M. P. Thenard assigne la formule PH^2, pouvait faire présumer, par analogie, qu'en se plaçant dans des conditions favorables il serait possible d'obtenir le bichlorure de phosphore PCl^2 correspondant au biiodure bien connu PI^2.

» C'est pour contrôler cette hypothèse, et sans grand espoir de succès d'ailleurs, que j'ai tenté de faire réagir le chlorure d'argent sur le biiodure de phosphore. On sait, en effet, que l'affinité de l'iode pour l'argent est telle, que dans une foule de conditions le chlorure de ce métal échange son chlore contre l'iode des corps avec lesquels on le met en contact.

» Après avoir pulvérisé 50 grammes de biiodure de phosphore pur dans un courant d'air sec, je l'ai placé dans un ballon et mélangé avec

60 grammes de chlorure d'argent desséché réduit en poudre fine. Ces quantités sont telles que, pour l'équation hypothétique

$$3PI^2 + 6AgCl = 3PCl^2 + 6AgI,$$

il y ait un petit excès de chlorure d'argent.

» La réaction commence à froid, et, si l'on chauffe légèrement vers 100 degrés, il distille un liquide incolore qui, recueilli et redistillé, bout entièrement de 76 à 78 degrés. Ce liquide fumant à l'air n'est autre que du trichlorure de phosphore PCl^3, comme on s'en est assuré par ses diverses réactions.

» Si l'on continue à chauffer le ballon au bain d'huile, on voit passer, vers 280 à 300 degrés, un corps en gouttelettes huileuses très-réfringentes, qui se condensent sur les parties froides. Lorsqu'on ouvre le ballon, ces gouttelettes s'enflamment spontanément. Lorsqu'elles sont solidifiées, elles s'allument aisément par la moindre friction, tandis qu'il se forme d'abondantes fumées d'acide phosphorique. Ce corps n'est donc autre que du phosphore ordinaire. Il reste dans le ballon de l'iodure d'argent mêlé de l'excès de chlorure et d'une trace de phosphore amorphe.

» La réaction du chlorure d'argent sur le biiodure de phosphore a donc lieu d'après l'équation suivante :

$$3PI^2 + 6AgCl = 2PCl^3 + 6AgI + P.$$

» J'ai été frappé, à divers points de vue, de la singularité de cette réaction. Elle donne lieu aux remarques suivantes :

» 1° Lorsque le chlore déplace l'iode dans le biiodure de phosphore, cette réaction, même lorsqu'elle se produit à basse température, ne conserve pas au biiodure son type primitif; 2 atomes d'iode sont remplacés par 3 atomes de chlore, sans que nous soyons autorisés à en conclure que ces deux groupes de métalloïdes soient équivalents, car, dans cette substitution anormale, l'état de saturation des corps réagissants et des produits de la réaction n'est pas resté le même.

» 2° Le chlorure d'argent met en liberté, à basse température, une partie du phosphore du biiodure, réaction au moins singulière, si l'on considère qu'elle est provoquée par un corps chimiquement saturé, le chlorure d'argent, agissant sur un composé formé avec une énergique émission de chaleur.

» 3° Le phosphore ainsi produit est du phosphore *ordinaire*. Or on sait que Brodie a démontré que, sous l'influence de l'iode, le phosphore ordi-

naire passe à l'état de phosphore amorphe. Il était donc, en apparence, logique d'admettre que le phosphore devait être à l'état de phosphore rouge dans son biiodure, et que ce dernier corps faisait partie de la série de ces combinaisons que M. Lemoine et moi-même avons décrites, et qui, d'après toutes leurs réactions, paraissent contenir du phosphore à l'état amorphe, ou tout au moins en dériver et le reproduire aisément. Cette hypothèse était jusqu'à un certain point appuyée par la singularité du type du composé PI^2, comparé aux autres combinaisons du phosphore avec le chlore ou le brome. La réaction du chlorure d'argent sur le biiodure de phosphore est contraire à ce point de vue théorique.

» On peut admettre, pour expliquer la constitution du biiodure de phosphore, que la molécule de ce corps correspond au symbole P^2I^4, ou, en le développant, à

$$\begin{array}{c} {}^{'''}P {\scriptstyle -I \atop -I} \\ | \\ {}^{'''}P {\scriptstyle -I \atop -I} \end{array}$$

corps dans lequel 2 atomes de phosphore triatomiques réunis entre eux agissent chacun comme diatomiques. La densité de vapeur de l'hydrogène phosphoré liquide de M. P. Thenard, prise par M. Croullebois, au laboratoire de M. Wurtz, correspond au poids moléculaire indiqué par la formule P^2H^4, et vient à l'appui de notre hypothèse sur la constitution de ces composés. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'isomérie du térébenthène et du térébène, au point de vue physique.* Note de M. J. Riban, présentée par M. Balard.

« Nous avons, dans de précédentes Communications (t. LXXVI, p. 1547, et t. LXXVII, p. 483), fait connaître le térébène, ses principales propriétés, et établi son isomérie avec le térébenthène : ces deux corps ont un caractère commun, l'état liquide. On pouvait se demander si une telle dissemblance dans les propriétés chimiques entraînerait nécessairement une différence capitale dans les propriétés physiques des deux isomères. C'est pour résoudre cette question que nous avons procédé avec soin à la détermination de leurs constantes physiques.

» J'ai indiqué précédemment la préparation du térébène, je n'y reviendrai pas; quant au térébenthène, on sait qu'il a été isolé à l'état de pureté par M. Berthelot, en distillant dans le vide la térébenthine brute, après saturation des acides qu'elle contenait. Nous nous sommes borné au fractionne-

ment plus commode de l'essence de térébenthine du commerce, préalablement lavée avec des solutions alcalines. Cette substance bout, pour la majeure partie, vers 160 degrés et laisse un résidu notable de produits supérieurs; mais, par des distillations fractionnées toujours fort longues, on constate que le point d'ébullition s'abaisse de plus en plus, pour devenir fixe, toutes corrections faites, vers 156°,5. C'est là, d'après mes expériences effectuées avec grand soin, le point d'ébullition du térébenthène pur; il est inférieur à celui de 160 degrés, donné autrefois par divers expérimentateurs. Si l'on examine alors au polarimètre les diverses parties du fractionnement définitif, on observe que ce sont les produits passant vers 156°,5 qui possèdent le pouvoir rotatoire maximum $[\alpha]_j = -40°,32$. Ce pouvoir va en décroissant de plus en plus dans les portions recueillies au-dessus de cette température. C'est le carbure ainsi défini qui fut considéré comme propre aux déterminations ultérieures.

» 1° *Pouvoir rotatoire*

Du térébenthène..............	$[\alpha]_j = -40°,32$
Du térébène	Nul.

» Le pouvoir rotatoire 40°,32 est inférieur à celui de 42°,3, donné par M. Berthelot. Cela devait être, car les expériences de ce savant établissent que les acides organiques faibles, contenus dans l'essence de térébenthine, modifient son pouvoir rotatoire, dès la température de 100 degrés, en le diminuant, et c'est précisément dans ces conditions que se trouve placée l'industrie qui nous a fourni la matière première d'où nous avons retiré le carbure pur, lorsqu'elle extrait l'essence de la térébenthine brute commerciale. Nous nous sommes assuré, de plus, que les fractionnements successifs ne modifient pas le pouvoir rotatoire du carbure dont les acides ont été saturés par des alcalis : il suffisait de mesurer la déviation initiale du produit, puis de faire la somme des déviations des diverses parties des fractionnements; on retombait alors sur le pouvoir rotatoire initial. L'extrême sensibilité de l'appareil de M. Cornu nous a permis d'obtenir ce résultat.

» 2° *Point d'ébullition.* — Le point d'ébullition du térébenthène pur est situé vers 156°,5; celui du térébène, vers 156 degrés. Une si minime différence est de l'ordre des erreurs d'expérimentation, qui peuvent être même plus considérables pour des carbures d'un fractionnement si difficile.

» 3° *Densité aux diverses températures.* — Elles ont été obtenues à l'aide

du dilatomètre de M. Regnault, pour des températures distantes de 20 degrés environ et comprises entre zéro et 80 degrés.

Température.	Térébenthène.	Température.	Térébène.
0°	0,8767	0°	0,8767
17,88	0,8619	19,68	0,8604
39,74	0,8439	39,08	0,8443
59,38	0,8277	59,80	0,8267
79,59	0,8107	80,87	0,8089

» Ces résultats de l'expérience correspondent aux équations des lignes droites ci-dessous :

Pour le térébenthène..... $D_t = 0,8767 - 0,0008277\, t.$

Pour le térébène........ $D_t = 0,8767 - 0,0008339\, t.$

» L'interpolation donne les densités de ces carbures, de 20 en 20 degrés, que nous mettons ici en parallèle :

Températures.	Densités. Térébenthène.	Térébène.	Différence.
0°	0,8767	0,8767	+ 0,0000
20	0,8601	0,8600	+ 0,0001
40	0,8436	0,8433	+ 0,0003
60	0,8270	0,8267	+ 0,0003
80	0,8105	0,8100	+ 0,0005
100	0,7939	0,7933	+ 0,0006

» Ces résultats se confondent sensiblement, comme on le voit, et permettent de conclure, avec une grande probabilité, à l'identité des coefficients de dilatation du térébenthène et du térébène.

» 4° *Indice de réfraction.* — Ces indices ont été déterminés pour quatre raies très-brillantes (d'un pointé très-facile, même dans une pièce éclairée) que l'on obtient en faisant jaillir l'étincelle d'induction entre deux électrodes de magnésium, chargés d'une trace de sel marin (1).

Raies	Longueurs d'onde d'après Thalèn.	Indices. Térébenthène.	Térébène.	Différence.
Rouge	0,00065618	1,4665	1,4645	+ 0,0020
Jaune	0,00058920	1,4697	1,4674	+ 0,0023
Verte	0,00051739	1,4740	1,4717	+ 0,0023
Bleue	0,00044810	1,4808	1,4784	+ 0,0024

» Ces résultats se confondent sensiblement pour les deux carbures.

(1) La raie rouge est celle de l'hydrogène de la vapeur d'eau atmosphérique; la jaune,

» En résumé, il résulte de l'ensemble des déterminations ci-dessus que le térébenthène et le térébène, si dissemblables au point de vue chimique, ne diffèrent sensiblement, au point de vue purement physique, que par le pouvoir rotatoire, qui est relativement considérable pour le térébenthène, nul pour le térébène, si toutefois ce dernier a été convenablement préparé.

» La détermination de la chaleur spécifique eût présenté quelque intérêt; je l'ai tentée avec un appareil nouveau, qui conduirait à admettre que la chaleur spécifique du térébenthène serait un peu plus grande que celle du térébène; mais l'étude prolongée de l'appareil m'a fait découvrir quelques causes d'erreur dans le mode d'opérer, ce qui m'engage à ne donner ce dernier résultat que sous toutes réserves.

» Ces expériences ont été faites au Collége de France, dans le laboratoire de M. Balard. »

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Sur les altérations de la moelle, consécutives à l'arrachement et à la résection du nerf sciatique chez le lapin.* Note de M. G. **Hayem**, présentée par M. Cl. Bernard.

« Lorsqu'on arrache le nerf sciatique chez de jeunes lapins, un certain nombre de racines se rompent à leur insertion apparente dans les sillons de la moelle; d'autres, et cela arrive principalement pour les postérieures, sont arrachées jusque dans leur trajet intra-médullaire. Il en résulte que l'opération donne toujours lieu à une myélite traumatique, qui siége dans le faisceau postérieur correspondant et occupe une étendue variable, quelquefois toute la partie de la région lombo-sacrée qui donne naissance au sciatique. Plus tard, il se forme une sorte de cicatrice, au niveau du trajet intra-médullaire des racines postérieures, plus rarement des antérieures, et, en même temps, toute la moitié correspondante de la moelle s'atrophie. Cette atrophie est plus rapide et beaucoup plus prononcée que lorsqu'on a pratiqué une simple résection du nerf. Elle porte à la fois sur les faisceaux blancs et sur la substance grise, et s'accompagne, au niveau du point lésé, d'une atrophie considérable, puis, environ au bout de deux mois, d'une disparition complète des cellules nerveuses de tout le segment correspon-

---

celle du sodium; les deux autres appartiennent en propre au magésium. L'usage de ce spectre extrêmement brillant m'a été recommandé par M. Cornu, comme préférable à celui de l'hydrogène, dont la raie violette, dans bon nombre de circonstances, devient très-difficilement visible.

dant de substance grise. Au-dessus de l'origine du sciatique, la moelle est encore un peu atrophiée; mais les cellules nerveuses ne tardent pas à reprendre leurs caractères normaux. Ces lésions sont les seules que l'on trouve chez les animaux sacrifiés, un mois ou deux après l'opération.

» Chez ceux qu'on laisse vivre, on voit survenir, au bout d'un temps variable et avec une fréquence qu'il me serait encore impossible de fixer, des symptômes très-intéressants, dus à une maladie de la moelle. Dans mes expériences, cette maladie s'est montrée au bout de deux mois et demi à trois mois et demi. Elle a consisté en une paralysie progressive, avec atrophie des muscles, affection qui, après avoir débuté par le membre postérieur du côté opposé à l'arrachement, a gagné les membres antérieurs et, plus tard, les régions placées sous la dépendance des nerfs bulbaires.

» Ces phénomènes très-intéressants, que je ne fais qu'indiquer, sont parfaitement expliqués par l'examen histologique de la moelle. En effet, sur des sections minces portant sur les diverses régions de la moelle, on voit, outre les altérations locales, indiquées précédemment, une sorte de myélite centrale généralisée, atteignant jusqu'aux noyaux du bulbe. Il existe, en même temps une périméningite hémorrhagique, caractérisée par la transformation du tissu cellulo-adipeux qui double normalement la dure-mère en une sorte de tissu embryonnaire, extrêmement vasculaire et contenant de petits foyers hémorrhagiques.

» Dans les cas de simple résection du nerf, on observe également une atrophie de la moitié correspondante de la moelle, qui, assez notable au niveau des origines du sciatique, va en s'affaiblissant rapidement plus haut. Elle ne produit qu'une altération peu prononcée des cellules nerveuses. Ce résultat, qui paraît être la règle, peut cependant, probablement d'une manière tout à fait exceptionnelle, se compliquer aussi de myélite : ainsi, un des lapins, auquel j'ai fait la résection du nerf sciatique sur une longueur suffisante pour empêcher la réunion des deux bouts, a succombé aussi à une myélite centrale, avec périméningite, comme les animaux soumis à l'arrachement du nerf.

» Voici, en quelques mots, quels sont les caractères histologiques de cette sorte de myélite consécutive : hyperhémie de la substance grise et quelquefois petits foyers d'extravasation sanguine, composés de très-petits amas de globules rouges; exsudation colloïde ou granuleuse, dans le canal central et dans les éléments cellulaires qui le tapissent; dégénérescence atrophique des cellules nerveuses, allant jusqu'à leur destruction complète, ou en apparence complète.

» Cette dégénérescence des cellules commence par une modification particulière du protoplasma : celui-ci perd son aspect granuleux, normal; il devient plus réfringent, comme vitreux, et se colore plus fortement par le carmin.

» Au début de l'altération, le noyau et le nucléole sont encore faciles à distinguer; mais bientôt le protoplasma vitreux masque plus ou moins complétement le noyau et le nucléole qui, après être devenus obscurs, disparaissent. En même temps, on voit survenir, dans un certain nombre d'éléments, dès le début du processus, des sortes de vésicules sphériques, quelques-unes énormes, qui paraissent contenir simplement de la sérosité et qui transforment la cellule nerveuse en une sorte de petite masse extrêmement irrégulière, dont la forme dépend du nombre et des dimensions variables de ces vésicules. Dans l'intervalle des vésicules, la substance de la cellule présente les caractères de l'état vitreux. Sous l'influence de cette sorte de dégénérescence vitreuse ou vitro-vésiculeuse, les éléments cellulaires perdent leurs prolongements ou n'en présentent plus que de très-grêles. Ils sont comme ratatinés, flétris, anguleux, plissés, et ils s'atrophient de plus en plus, de sorte qu'à la fin de cette évolution morbide on reconnaît à peine, au milieu des éléments de la névroglie, quelques corpuscules très-petits, extrêmement irréguliers, qui diffèrent cependant des noyaux de la névroglie par leur plus grande affinité pour le carmin.

» Outre ces altérations, on peut voir survenir, autour de la substance grise altérée, et cela aussi dans toute l'étendue de la moelle, une sclérose diffuse des faisceaux blancs, qui s'irradie en éventail du centre à la périphérie.

» Ces expériences, très-brièvement résumées, conduisent aux conclusions suivantes :

» 1° L'arrachement du nerf sciatique, chez le lapin, est suivi d'une myélite cicatricielle, qui peut être le point de départ d'une sorte de myélite centrale généralisée.

» 2° Le caractère principal de cette altération de la substance grise de la moelle consiste en une dégénérescence atrophique des cellules nerveuses.

» 3° Cette sorte de myélite, qui paraît être la règle lorsque, après l'arrachement du nerf, on laisse survivre les animaux, peut également survenir dans le cas d'une simple résection.

» On peut appliquer ces faits expérimentaux à la pathologie humaine

et en tirer des conséquences importantes. Je ne puis indiquer ici que les principales :

» 1° La propagation à toute la substance grise d'une irritation portant primitivement sur un point limité de la moelle (arrachement du nerf) permet de comprendre les observations cliniques, aujourd'hui nombreuses, dans lesquelles une plaie, une contusion de la moelle, une tumeur ou une lésion limitée quelconque, ont été le point de départ d'une myélite centrale, aiguë, subaiguë ou chronique. (Quelques-uns de mes animaux en expérience, morts au bout de cinq à six jours, avaient peut-être une myélite aiguë généralisée. Malheureusement ils n'ont pas été examinés à ce point de vue ; mais un chat, chez lequel j'ai fait l'arrachement d'un nerf cervical, est mort en quelques jours d'une myélite aiguë.)

» 2° La possibilité de déterminer, pour ainsi dire à volonté, la myélite centrale chez les animaux prouve que cette sorte d'altération, caractérisée surtout par une atrophie plus ou moins rapide des cellules nerveuses, est bien de nature irritative, et qu'il existe réellement, à côté des myélites interstitielles, une myélite parenchymateuse qui, dans la substance grise, frappe d'une manière toute spéciale l'élément nerveux lui-même. On pourra donc ainsi étudier, comme à loisir, la dégénérescence et l'atrophie des cellules nerveuses. (On remarquera ici que, dans mes expériences, je n'ai pas obtenu la dégénérescence pigmentaire des cellules qui, d'après les observations publiées particulièrement par Lockhart, Clark et M. Charcot, paraît être l'altération la plus fréquente chez l'homme.)

» 3° D'après ces expériences, on voit que la myélite centrale parenchymateuse a une tendance invincible à se généraliser ; que, d'un point de la substance grise, elle s'étend à la partie correspondante du côté opposé, et de là à toute la moelle, jusqu'aux noyaux bulbaires. Ces particularités sont en rapport avec la marche envahissante progressive des maladies centrales de la moelle, telle qu'elle est établie par les observations cliniques.

» 4° L'atrophie rapide des muscles, observée chez les animaux atteints de ces lésions de la moelle, démontre, d'une manière tout à fait nouvelle, l'influence trophique des cellules de la moelle épinière ; aussi ces faits me paraissent-ils être d'une importance très-grande au point de vue de la paralysie atrophique de l'enfance et de l'âge adulte, et de l'atrophie musculaire progressive.

» 5° L'expérience relative à la résection du nerf sciatique, en établissant que l'irritation traumatique d'un nerf peut se propager jusqu'à la substance grise de la moelle et produire une myélite parenchymateuse avec atrophie

des cellules, explique d'une manière très-nette l'observation que M. Duménil a publiée sous le nom de névrite ascendante, et dans laquelle cet observateur distingué a admis à tort, pour expliquer une atrophie musculaire progressive, consécutive à une contusion du sciatique, des lésions multiples des nerfs périphériques convergeant isolément vers le centre spécial.

» 6° Enfin l'ensemble de ces expériences établit, d'une façon générale, que les irritations des parties blanches du système nerveux (faisceaux, racines, nerfs) peuvent retentir sur la substance grise et y produire des lésions diffuses et généralisées, et ainsi se trouvent expliqués expérimentalement les rapports qui existent cliniquement entre la plupart des affections chroniques du système nerveux, particulièrement les scléroses fasciculées et l'atrophie musculaire progressive, rapports qui ont été surtout mis en évidence par M. Charcot et ses internes. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le régime pluvial de la zone torride, dans les bassins des océans Indien et Pacifique;* par M. V. RAULIN.

« Dans le bassin de l'océan Indien, il y a opposition complète entre les deux presqu'îles en deçà et au delà du Gange, la Chine et les îles Philippines au nord d'une part, et Maurice et la Réunion vers le sud-ouest et les îles de la Sonde vers le sud-est, d'autre part.

» Sur la côte occidentale d'Afrique, tous les lieux d'observations sont situés au sud de l'équateur entre 12 et 21 degrés de latitude, depuis Tete sur le Zambèse, par Madagascar et ses annexes, jusqu'à la Réunion et Maurice; le régime des pluies d'hiver y est très-fortement prononcé, tout aussi bien sur le littoral que dans l'intérieur.

» Dans les deux presqu'îles indiennes, situées au nord de l'équateur, le régime des pluies d'été existe partout et devient extrêmement accentué, surtout au nord-est du golfe d'Oman et du golfe du Bengale (1). Dans la presqu'île en deçà du Gange, depuis l'embouchure de l'Indus, sur la côte de Malabar, dans le Deccan et au Bengale, le maximum de pluie tombe de juin à août, tandis que sur la côte de Coromandel c'est d'octobre à

(1) Le pays montueux des Kasi-Hills, situé en dehors du tropique, entre la vallée du Brahmapoutra et celle du Barak, est probablement le plus pluvieux du globe. En effet, à Cherrapunji, situé à 1200 mètres d'altitude, la moyenne annuelle de près de huit années d'observations est presque de 16 mètres ($15^{m},9690$); il tombe de 3 à 4 mètres d'eau, pendant chacun des mois de juin, juillet et août.

novembre. L'île de Ceylan, située de 9 à 6 degrés de latitude nord, présente, tant sur les côtes ouest et est que dans les montagnes centrales, des anomalies qui annoncent le voisinage du régime inverse; en effet, il y a une période de grande sécheresse entre deux maxima, de mai à juin et d'octobre à novembre.

» Dans la presqu'île au delà du Gange, à partir du tropique, de l'extrême fond du golfe du Bengale à la presqu'île de Malacca, le régime des pluies d'été est des mieux prononcés, même à Pulo-Penang où le mois d'octobre est le plus pluvieux. Au voisinage de l'équateur et au sud, le régime change : à Padang, sur la côte sud-ouest de Sumatra, par 1 degré de latitude sud, les trois derniers mois de l'année sont les plus pluvieux; à Singapore, dans le détroit de Malacca, par 1 degré de latitude nord, la période estivale est décidément plus sèche, et ce régime s'accentue très-fortement dans l'île de Java, entre 6 et 8 degrés de latitude sud, tout aussi bien dans les parties basses que sur les montagnes.

» Plus à l'est, dans le bassin de l'océan Pacifique, où les stations météorologiques sont encore bien rares, l'opposition paraît exister seulement à l'extrémité occidentale, le régime des pluies d'été de la presqu'île de l'Inde se poursuivant sur la mer de Chine, à Bangkok, en Cochinchine, en Chine et dans les îles Philippines, tandis que le régime opposé existe, ainsi qu'on vient de le voir, dans les îles de la Sonde.

» Dans l'intérieur de l'océan Pacifique, grâce à l'occupation ou au protectorat français, on a des séries déjà longues dans deux archipels : à la Nouvelle-Calédonie, presque sous le tropique du Capricorne, et à Taïti par 18 degrés. Le régime des pluies d'hiver est bien accusé, c'est-à-dire celui des pluies de la saison chaude de cet hémisphère, lequel règne aussi aux îles Hawaï situées au nord sur la limite opposée de la zone torride, près du tropique du Cancer.

» En résumé, dans la zone torride, les différences des températures moyennes mensuelles, qui sont loin d'être aussi considérables que dans les zones tempérées, paraissent cependant avoir une influence considérable sur la chute de la pluie ou le régime pluvial.

» Au nord d'une ligne, qui tantôt coïncide avec l'équateur, et tantôt remonte plus ou moins au nord, la pluie, souvent très-abondante, tombe surtout d'avril à septembre, c'est-à-dire pendant la période semestrielle chaude de l'hémisphère septentrional. Au sud de cette ligne, elle tombe surtout pendant la période semestrielle alternante, d'octobre à mars, qui est toutefois aussi la période chaude de l'hémisphère méridional.

Tableau des quantités moyennes mensuelles d'eau tombée dans la zone torride (océans Indien et Pacifique).

	Localités et altitudes.	Ann.	Janv.	Févr.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc
Mozambique, Madagascar et Iles.	Tete (Zambèze)	2	198,4	98,2	198,0	32,2	12,7	12,7	0,0	0,0	0,0	0,0	114,5	185,4
	Mayotte	2	221,5	232,6	167,2	74,2	12,3	12,4	7,1	6,1	42,5	21,6	161,8	142,8
	Antanarive	1	130,6	165,2	160,9	25,4	44,4	4,2	0,0	62,3	0,0	50,7	84,8	254,0
	Saint-Denis	21	235,9	244,9	329,3	113,4	58,5	31,2	31,2	30,9	32,7	52,3	93,6	236,6
	Saint-Benoît	4	714,4	558,3	414,0	593,7	339,4	109,5	363,5	143,5	161,2	90,8	104,7	546,8
	Saint-Pierre	?	122,8	140,4	149,7	84,6	84,8	29,9	46,1	50,1	40,7	25,6	33,8	75,5
	Braes (381^m)	5	203,3	393,8	237,5	154,9	68,6	74,5	80,4	108,6	76,2	45,7	76,1	203,0
	Port-Louis (14^m)	14	165,4	296,4	133,5	90,2	60,0	37,4	22,8	31,8	9,9	16,5	50,8	101,5
Côte de Malabar et Deccan.	Bombay (10^m)	46	0,3	0,0	0,0	0,6	6,9	570,7	624,7	381,3	275,5	37,5	4,7	0,6
	Mahableshwur (1372^m)	15	1,3	6,4	3,8	33,2	84,0	1181,9	2339,3	1837,2	795,5	116,3	52,6	1,3
	Anjarakandy	14	1,3	2,3	9,4	29,7	176,5	789,9	988,3	573,2	311,9	159,0	65,2	30,3
	Cochin (6^m)	5	43,7	2,3	51,8	82,6	481,8	779,6	440,2	332,5	122,4	245,6	57,9	57,7
	Trevandrum (40^m)	8	27,4	5,1	55,7	91,9	278,2	356,4	200,9	88,7	106,9	262,9	195,6	92,7
	Ootacamund (2105^m)	4	0,0	12,0	25,9	101,6	165,1	165,1	108,5	101,6	161,5	165,3	89,4	44,0
	Nagpur	8	10,4	19,8	31,3	6,6	15,2	239,8	279,6	262,6	228,8	85,3	22,9	28,1
Bengale, Côte de Coromandel et Ceylan.	Calcutta	32	13,5	18,3	30,1	57,2	137,2	299,7	338,7	360,5	262,5	135,0	17,0	6,1
	Madras	19	27,2	7,8	10,0	21,6	53,3	57,4	95,5	97,5	111,8	338,8	258,5	144,0
	Pondichéry	17	41,6	6,9	25,1	50,2	53,9	42,6	86,2	141,2	132,2	251,5	277,2	118,3
	Vaurior (18^m)	5	22,9	11,0	27,9	10,4	101,4	53,8	24,6	2,5	13,5	166,8	108,2	83,3
	Colombo (6^m)	12	110,8	43,2	87,2	181,6	335,2	146,6	127,5	103,6	117,0	306,8	282,9	140,5
	Newera-Ellia (1890^m)	5	207,4	49,5	51,3	119,4	79,5	204,2	184,6	131,5	182,1	249,4	154,7	190,7
	Trincomalee (8^m)	5	167,6	53,6	6,9	11,2	73,1	29,4	90,9	116,8	117,3	177,8	364,7	375,3
Birmanie et Malacca.	Tippezah	10	19,5	27,2	57,9	235,7	292,3	517,7	434,5	349,4	265,4	178,8	54,8	1,5
	Chittakong	11	9,4	41,1	33,2	138,7	239,3	582,2	572,5	585,2	330,4	150,6	58,4	14,0
	Akyab	10	11,0	8,4	12,5	35,0	203,2	1655,0	1416,2	1060,0	634,2	372,6	160,0	5,3
	Rangoon (12^m)	2	0,0	0,0	0,0	67,3	355,6	553,8	957,6	428,0	374,7	190,5	53,3	5,3
	Moulmein	13	0,0	0,8	5,9	28,9	445,0	773,2	1037,6	951,5	730,0	193,5	61,8	9,1
	Pulo-Penang	4	84,8	65,8	134,1	182,9	114,1	189,0	174,0	260,4	247,7	314,2	223,7	106,7
	Singapore	3	306,6	161,0	142,0	194,8	177,3	142,2	154,4	158,3	141,4	301,3	236,7	163,1
Iles de la Sonde.	Padang	6	338,0	251,0	408,0	397,0	327,0	263,0	386,0	391,0	401,0	587,0	462,0	587,0
	Batavia (7^m)	5	427,0	358,0	144,0	100,0	93,0	79,0	54,0	82,0	67,0	143,0	133,0	309,0
	Buitenzorg (271^m)	13	393,3	400,9	422,9	363,2	325,9	203,5	248,7	236,4	242,3	330,9	285,3	297,8
	Bandong (702^m)	4	119,9	217,6	173,1	274,2	154,6	83,4	113,0	31,2	114,4	204,1	190,8	224,6
	Tjie-Nizoean (1566^m)	4	350,7	377,4	345,8	269,4	237,8	118,9	112,4	85,9	218,9	340,2	324,7	381,3
	Gr.-Malawar (2339^m)	4	330,8	351,0	335,0	234,7	218,4	114,1	100,9	111,7	204,0	339,6	338,8	364,0
	Banjoewangi	2	203,0	384,5	229,5	99,5	83,5	27,0	28,0	48,5	91,5	192,5	153,0	185,0
Chine, Cochinchine, Siam.	Hong-kong (10^m)	12	14,0	38,1	78,0	126,2	248,8	437,4	375,3	292,6	379,7	130,3	36,4	17,0
	Saïgon (10^m)	7	14,7	1,2	15,2	39,8	216,6	288,1	347,4	288,5	526,6	287,2	103,0	43,0
	Bangkok	3	2,5	14,5	44,2	151,6	177,3	204,7	146,8	238,3	376,7	188,2	90,4	0,8
Iles Philipp.	Manille	4	31,9	74,0	16,5	49,1	99,2	236,3	330,5	543,3	414,2	263,0	80,1	60,2
Nouvelle-Calédonie.	Kanala (70^m)	2	139,0	314,0	138,7	207,3	93,6	126,0	47,4	142,1	49,1	192,6	103,1	57,4
	Nouméa (7^m)	9	68,7	69,7	128,9	141,7	93,0	108,4	66,9	54,9	45,5	58,3	48,3	82,1
Iles de la Soc.	Papeete	12	196,4	114,9	151,2	110,1	77,9	62,1	54,9	22,6	36,8	72,3	157,1	142,4
Iles Hawaï.	Waioli (Kauaï)	1	116,8	76,2	167,6	355,6	152,4	116,8	203,2	139,7	137,2	467,4	132,1	127,0
	Honolulu	4	65,7	248,1	178,2	175,8	81,5	17,2	15,5	13,7	7,5	31,7	84,0	290,9

Tableaux des quantités moyennes trimestrielles et annuelles.

Côtes orientales d'Afrique et îles.

Localités.	Hiver.	Print.	Été.	Autom.	Année.	Localités.	Hiver.	Print.	Été.	Autom.	Année.
Tete	482,0	242,9	12,7	114,5	852,1	Saint-Benoît	1819,5	1347,1	616,5	356,7	4139,8
Mayotte	596,9	253,7	25,6	225,9	1302,1	Saint-Pierre	338,7	319,1	126,1	100,1	884,0
Antanarivo	549,8	230,7	66,5	135,5	982,5	Braes	800,1	461,0	263,5	198,0	1723,6
Saint-Denis	717,4	501,2	93,3	178,6	1490,5	Port-Louis	563,3	283,7	92,0	77,2	1016,2

Indes, Birmanie et îles de la Sonde.

Localités.	Hiver.	Print.	Été.	Autom.	Année.	Localités.	Hiver.	Print.	Été.	Autom.	Année.
Bombay	0,9	7,5	1576,7	317,7	1902,8	Tippezah	48,2	585,9	1301,6	499,0	2434,7
Mahableshwur	9,0	121,0	5358,4	964,4	6452,8	Chittakong	64,5	411,2	1739,9	539,4	2755,0
Anjarakandy	33,9	215,6	2351,4	536,1	3137,0	Akiab	24,7	250,7	4131,2	1166,8	5573,4
Cochin	103,7	616,2	1552,3	425,9	2698,1	Rangoon	5,3	422,7	1939,4	618,5	2986,1
Trevandrum	125,2	425,8	646,0	565,4	1762,4	Moulmein	9,9	479,8	2762,3	985,3	4237,3
Ootacamund	56,0	292,6	375,2	416,2	1140,0	Pulo-Penang	257,3	431,1	623,4	785,6	2097,4
Nagpur	58,3	53,1	782,0	337,0	1230,4	Singapore	630,7	514,1	454,9	679,4	2279,1
Calcutta	37,9	224,5	998,9	414,5	1675,8	Padang	1176,0	1132,0	1040,0	1450,0	4798,0
Madras	79,0	84,9	250,4	709,1	1123,4	Batavia	1094,0	337,0	215,0	343,0	1987,0
Pondichéry	166,8	129,2	270,0	660,9	1226,9	Buitenzorg	1092,0	1112,0	688,6	858,5	3751,1
Vaurior	117,2	139,7	80,9	288,5	626,3	Bandong	562,1	601,9	227,6	509,3	1900,9
Colombo	294,5	604,0	377,7	706,7	1982,9	Tjie-Nizoean	1109,4	853,0	317,2	883,8	3163,4
Neweza-Ellia (1890^{m})	447,6	250,2	520,3	586,2	1804,3	Grand-Malawar	1045,8	788,1	326,7	882,4	3043,0
Trincomalee	596,5	111,2	237,1	659,8	1604,6	Banjoewangi	772,5	412,5	103,5	437,0	1725,5

Chine, Cochinchine, Siam.

Localités.	Hiver.	Print.	Été.	Autom.	Année.	Localités.	Hiver.	Print.	Été.	Autom.	Année.
Hong-Kong	69,1	453,0	1105,3	546,4	2173,8	Bangkok	17,8	373,1	589,8	655,3	1636,0
Saïgon	58,9	271,6	924,0	916,8	2171,3						

Iles Philippines et Nouvelle-Calédonie.

Localités.	Hiver.	Print.	Été.	Autom.	Année.	Localités.	Hiver.	Print.	Été.	Autom.	Année.
Manille	166,1	164,8	1110,1	757,3	2198,3	Nouméa	220,5	363,6	230,2	152,1	966,4
Kanala	510,4	439,6	315,5	344,8	1610,3						

Iles de la Société et Hawaï.

Localités.	Hiver.	Print.	Été.	Autom.	Année.	Localités.	Hiver.	Print.	Été.	Autom.	Année.
Papeete	453,7	339,2	139,6	266,2	1198,7	Honolulu	604,7	435,5	46,4	123,2	1209,8
Waioli	320,0	675,6	459,7	736,7	1872,0						

» La vapeur d'eau répandue dans l'atmosphère de la zone torride se condense et tombe ainsi en pluie alternativement d'un côté et de l'autre de la ligne séparative, sur celui qui est le plus directement opposé aux rayons du soleil.

» Deux grandes exceptions ont lieu sur les deux rives de l'océan Atlantique, occasionnées sans doute par l'uniformité de température des surfaces : le régime méridional se portant, d'un côté, du Brésil, par les vastes plaines intérieures, dans les Guyanes et les Andes de la Nouvelle-Grenade, et de l'autre, de la partie orientale de l'océan Atlantique austral, jusqu'au delà de la côte de la Guinée; empiétant ainsi, de part et d'autre, sur le régime septentrional jusqu'à 10 degrés au nord de l'équateur, soit jusqu'aux Andes du Vénézuéla, soit jusqu'aux monts Kong de la Guinée.

» C'est sans doute aussi aux conditions particulières d'uniformité dans

la répartition de la température à la surface de l'océan Pacifique qu'est due, dans l'océan Pacifique, l'extension du régime méridional jusqu'au tropique du Cancer, dans les îles Hawaï (1). »

PHYSIQUE. — *Note à propos de nouvelles expériences de* M. Tyndall, *sur la transparence acoustique de l'air;* par M. **W. de Fonvielle**. (Extrait par l'auteur.)

« Aux mois de mai et de juin 1873, M. Tyndall a exécuté, à l'aide d'un yacht qui croisait au large des côtes du comté de Kent, des expériences destinées à déterminer la nature des sons les plus aptes à servir de signaux maritimes. Le physicien anglais a constaté (2) que la portée des sons produits à l'aide de sifflets à vapeur est très-grande quand l'air est troublé par des brumes assez épaisses pour dérober la vue du rivage. Il croit qu'elle n'est point à beaucoup près aussi considérable quand l'air est tout à fait limpide et calme.

» L'observation de M. Tyndall est d'accord avec les faits que l'auteur a soumis à l'Académie, il y a près de trois ans, et qui ont été constatés aussi bien par lui que par d'autres aéronautes. Le Mémoire où ils étaient discutés faisait partie de ceux qui ont valu à l'auteur un Rapport de M. Edm. Becquerel, le 9 janvier 1872. Cependant l'auteur ne pense pas qu'il soit possible d'adopter l'explication proposée par M. Tyndall. En effet, s'il est facile de comprendre que l'air humide n'étouffe facilement ni les sons aigus ni les sons graves, on ne voit pas comment il faciliterait la propagation de ces premiers, à l'exclusion des autres.

» Les sons du sifflet à vapeur ne sont point les seuls qui soient venus frapper l'oreille des aéronautes au-dessus de la mer de nuages. Ils paraissent en avoir entendu d'autres, toujours très-aigus, mais quelquefois d'une intensité absolue bien moindre.

» L'auteur croit donc devoir persister dans les applications qu'il a pré-

(1) C'est à d'autres causes, probablement à des courants marins, portant des eaux chaudes dans des parages froids, qu'il faut attribuer les changements de régimes par suite desquels le régime méridional se prolonge : 1° dans tout l'océan Atlantique septentrional (Bermudes, Acadie, Terre-Neuve, Islande, îles Feroë, Norvége, îles Britanniques, côtes des Pays-Bas et de France, Espagne, Madère et Açores) et dans presque tout le bassin de la mer Méditerranée; 2° dans l'océan Pacifique, des îles Hawaï sur toute la côte de l'Amérique du Nord, depuis le fond de la mer Vermeille jusqu'aux limites mêmes de l'Océan, non loin du cercle polaire, à l'est de la presqu'île d'Alaska, d'après les observations des Américains et des Russes.

(2) Voir le compte rendu publié par le *Times* du 19 janvier 1874.

sentées, et qui consistent à supposer que l'enveloppe du ballon, plus ou moins fortement tendue par le gaz, agit comme une membrane, permettant d'entendre de préférence certains des sons qui, quoique tous très-faibles, ont pu franchir le rideau de vapeurs constituant la mer de nuages. Il se demande si les voiles du yacht de M. Tyndall n'ont pas produit, à l'insu de ce physicien, un effet de même nature. Reste encore, dans l'expérience de M. Tyndall, la question de la direction du vent, dont l'aéronaute n'a point à se préoccuper puisqu'il le suit. Ces raisons conduisent de plus l'auteur à conclure que des expériences en ballon, telles que celles dont il a présenté le programme et qu'il est tout disposé à exécuter, seraient beaucoup plus simples, beaucoup plus rigoureuses et beaucoup moins dispendieuses pour résoudre une question si urgente au point de vue de la navigation maritime.

CHIMIE. — *Sur la production de cristaux d'oxalate de chaux et de phosphate ammoniaco-magnésien*. Note de M. E. MONIER. (Extrait.)

« M. Vesque a présenté à l'Académie (p. 149 de ce volume) une Note sur l'oxalate de chaux cristallisé. Je suis parvenu, il y a déjà quelques années (*Comptes rendus*, 10 décembre 1866, t. LXIII, p. 1013), aux mêmes résultats, par un procédé différent. Aux résultats signalés dans cette Note et qui ont été obtenus sur l'oxalate de chaux et sur le phosphate ammoniaco-magnésien, en superposant simplement, par ordre de densité, des liquides capables de donner naissance à ces sels par leurs réactions mutuelles, j'ajouterai les remarques suivantes :

» 1° Lorsque des liquides de densité différente peuvent produire un précipité très-dense, comme, par exemple, une solution de sel marin reposant sur un bain de sous-acétate de plomb, le mélange de ces deux liquides pourra se faire en quelques jours; en effet, dans ce cas, le chlorure de plomb, en se précipitant, produit un faible mouvement ou remous dans les liqueurs et active leur combinaison.

» 2° Lorsque les liqueurs d'affinité différente ne doivent pas produire de précipité, leur mélange se fera très-lentement; si l'on fait reposer un tube rempli d'eau préalablement colorée en bleu par la teinture de tournesol, sur un bain d'acide sulfurique concentré, il se produira, à l'orifice du tube, une petite colonne rouge dont la hauteur augmentera de 2 ou 3 centimètres en vingt-quatre heures, et il faudra plusieurs jours pour que la teinture passe complétement au rouge (1). »

(1) Les proportions d'acide sulfurique parvenant à s'élever à la partie supérieure du tube sont à peine de quelques millièmes.

M. **Godard** adresse une Note relative à une pâte agglutinante et imperméable, composée de gutta-percha, de colophane, de glu et d'huile siccative.

M. le Général **Morin** appelle l'attention de l'Académie sur quelques-uns des travaux contenus dans le dernier numéro de la *Revue d'Artillerie* (janvier 1874), publiée par ordre du Ministre de la Guerre :

« La quatrième livraison du tome III de la *Revue d'Artillerie* contient une Note très-importante de M. le capitaine Castan, attaché à la poudrerie du Bouchet, sur l'emploi des nouvelles poudres dans les canons de tous calibre. L'auteur y discute, avec l'habileté d'un artilleur habitué à s'en servir, les conditions auxquelles doit satisfaire une poudre de guerre, selon la nature des effets à obtenir et les calibres employés. Il passe en revue l'influence des divers éléments de la question sur les effets des poudres, savoir :

La densité du chargement. Il fait voir qu'il existe une densité de chargement qu'on ne peut dépasser sans s'exposer à des effets brisants.

» *Le calibre.* Il montre que, pour une même poudre et toutes choses égales d'ailleurs, l'augmentation du calibre est une cause de plus grande rapidité de combustion.

» *Les résistances indépendantes du projectile.* Il indique que le poudrier peut, avec les mêmes matières, faire une poudre lente ou vive, en modifiant seulement le grain, et que l'artilleur peut obtenir de bons effets balistiques ou des effets brisants, en variant le mode de chargement.

» *Les résistances du projectile au départ.* En faisant varier le poids, les proportions, le mode de forcement des projectiles, la disposition des rayures, on peut obtenir aussi des effets très-différents.

» Les conclusions fort rationnelles de cet important travail peuvent se formuler ainsi qu'il suit :

» 1° Les recherches et les études relatives aux poudres doivent être faites simultanément aux points de vue de leur fabrication et de leur emploi.

» 2° Les relations entre un système d'artillerie et la poudre qui lui est destinée sont telles, qu'on ne doit pas séparer les recherches et les études relatives à l'une et à l'autre, si l'on ne veut pas s'exposer à de graves mécomptes.

» Ce même numéro contient la suite du savant Mémoire de M. le capitaine Jouffret sur l'établissement et l'usage des tables de tir et la description

d'un nouveau densimètre à mercure, spécialement modifié pour les poudres à gros grains par M. le capitaine Grosset, adjoint à la poudrerie du Bouchet. »

A 5 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 7 heures. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 19 janvier 1874.

(suite.)

Journal de Thérapeutique, publié par A. Gubler, avec la collaboration de MM. A. Bordier et E. Labbée; 1re année, n° 1, 10 janvier 1874. Paris, G. Masson, 1874; in-8°. (Présenté par M. Bouillaud.)

T. Husnot. *Table alphabétique des* Musci Galliæ; fascicules I-X (nos 1-500). Cahan, T. Husnot, 1873; in-8°.

Mémoires couronnés et autres Mémoires publiés par l'Académie royale de Médecine de Belgique; collection in-8°; t. II, 1er fascicule. Bruxelles, 1873; in-8°.

Archives néerlandaises des Sciences exactes et naturelles, publiées par la Société hollandaise des Sciences, et rédigées par E.-H. von Baumhauer; t. VIII, liv. 3, 4. La Haye, M. Nijhoff, 1873; 2 liv. in-8°.

Archives du Musée Teyler; t. VIII, 3e fascicule. Harlem, les héritiers Loosjes. 1873; gr. in-8°.

Bullettino di Bibliografia e di Storia delle Scienze matematiche e fisiche, pubblicato da B. Boncompagni; t. VI, aprile, maggio, giugno. Roma, tip. delle Scienze matematiche e fisiche, 1873; 3 liv. in-4°. (Présenté par M. Chasles.)

Reale Accademia dei Lincei. Sulla mummificazione de' cadaveri. Osservazioni del prof. C. Maggiorani e del prof. Moriggia. Sans lieu ni date; br. in-4°.

Di una straordinaria produzione cornea sulla mano destra d'una donna. Nota del D. V. Peyrani, susseguita da *Relativa analisi anatomica ed istochimica* del D. A. Moriggia. Sans lieu ni date; br. in-8°.

Poteri digerenti del feto ed autodigestioni, sperienze ed osservazioni del prof. A. MORIGGIA. Roma, 1873; opuscule in-8°.

Ueber die beste Darstellungsweise und die Entwicklung der Rohrchen der Kristallinse; von A. MORIGGIA. Turin, 1869; br. in-8°.

Zur kenntniss des harns und schweisses; von A. MORIGGIA. Sans lieu ni date; opuscule in-8°.

Natuurkundig tijdschrift voon nederlandsch Indie, nitgegeven door de Kòninklijke natuurkundige vereeniging in nederlandsch Indie; deel XXIX. Batavia, van Dorp, 1867; in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 26 JANVIER 1874.

Le métal à canon; par M. E. FREMY, Membre de l'Académie des Sciences. Paris, G. Masson, 1874; br. in-8°.

Statique expérimentale et théorique des liquides soumis aux seules forces moléculaires; par J. PLATEAU. Paris, Gauthier-Villars; Londres, Trübner et Cie, 1873; 2 vol. in-8°.

Les Lichens du massif granitique de Ligugé au point de vue de la théorie minéralogique; par H.-A. WEDDELL. Paris, imp. Martinet, 1873; br. in-8°. (Extrait du *Bulletin de la Société botanique de France.*) (Présenté par M. Cosson.)

Nouvelle revue des lichens du jardin public de Blossac, à Poitiers; par M. le Dr H.-A. WEDDELL. Cherbourg, imp. Bedelfontaine et Syffert, 1873. (Extrait des *Mémoires de la Société nationale des Sciences naturelles de Cherbourg.*) (Présenté par M. Cosson.)

Revue d'Artillerie; 2e année, t. III, 4e liv., janvier 1874. Paris et Nancy, Berger-Levrault, 1874; in-8°. (Présenté par M. le général Morin.)

Éléments de Toxicologie et de Médecine légale appliquée à l'empoisonnement; par A. RABUTEAU; 2e fascicule. Paris, Lauwereyns, 1874; in-12.

Le psoriasis buccal; par le Dr M. DEBOVE. Paris, F. Savy, 1873; br. in-8°.

Traité d'analyse chimique à l'aide de liqueurs titrées; par le Dr F. MOHR; 2e édition française traduite sur la 4e édition allemande, par C. FORTHOMME; fascicule 1er. Paris, F. Savy, 1874; in-8°.

Descriptions of some new species, subspecies and varieties of plants collected in Morocco, by J.-D. HOOKER, G. MAW and J. BALL. London, Ranken and C^{o}, sans date; br. in-8°.

Progress reports and final report of the exploration committee of the royal Society of Victoria 1872. Melbourne, Mason and Firth, 1872; gr. in-8°.

DIAMILLA-MULLER. *Revista scientifica per l'anno* 1873; secondo semestre, vol. IV. Milano, coi tipi della *Gazzetta di Milano*, 1873; in-18.

1873. *R. stazione enologica sperimentale di Asti;* anno primo. Asti, tip. Vinassa, 1873; in-8°.

Della locomozione a vapore sulle strade ordinarie; dissertazione da L. BRUNELLI. Torino, Paravia, 1873; in-8°.

Die arbeiten der Geologischen abtheilung der Landesdurchforschung; von BÖHMEN; II Theil; enthaltend : *D^r Em. Boricky's*. Prag, Rivnac, 1873; in-8°.

ERRATA.

(Numéro du 5 janvier 1874.)

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, *Correspondants*, Section de Mécanique, page 9, ligne 9, *au lieu de* N........, *lisez* DIDION (le général Isidore), à Nancy, *Meurthe-et-Moselle.*
